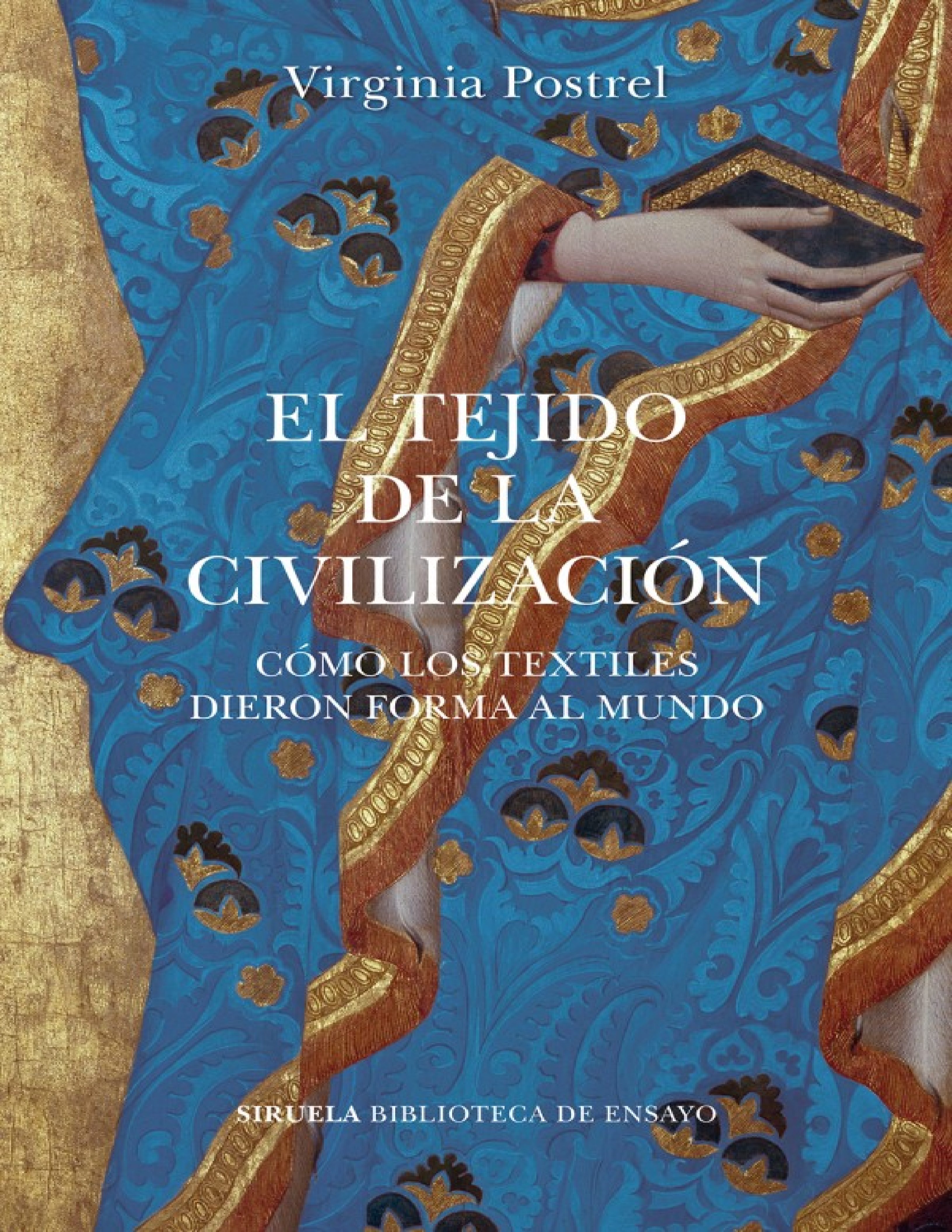

Virginia Postrel
EL TEJIDO DE LA CIVILIZACIÓN
CÓMO LOS TEXTILES DIERON FORMA AL MUNDO
SIRUELA BIBLIOTECA DE ENSAYO

Virginia Postrel

El tejido de la civilización

Cómo los textiles dieron forma al mundo

Traducción del inglés
de Lorenzo Luengo



Siruela
Biblioteca de Ensayo 122 (Serie Mayor)

ÍNDICE

El tejido de la civilización

A mis padres,
Sam y Sue Inman,
y a Steven

Prefacio

EL TEJIDO DE LA CIVILIZACIÓN

Las tecnologías más influyentes son las que no se ven. Se entrelazan al tejido de la vida cotidiana hasta que se vuelven indistinguibles de ella.

MARK WEISER, «El ordenador para el siglo XXI»,
Scientific American, septiembre de 1991

En el año 1900, un arqueólogo británico hizo uno de los mayores hallazgos de todos los tiempos. Arthur Evans, que posteriormente fue nombrado caballero por sus descubrimientos, desenterró el complejo palacial de Cnosos, en Creta. Con su intrincada arquitectura y sus maravillosos frescos, el lugar había sido testigo de una sofisticada civilización en la Edad del Bronce, más antigua que cualquiera de las halladas en la península griega. Evans, científico de educación clásica y con inclinaciones poéticas, llamó «minoicos» a sus desaparecidos habitantes. Según la mitología griega, Minos, el primer rey de Creta, exigía que cada nueve años los atenienses enviasen siete niños y siete niñas a ser sacrificados al Minotauro.

«Aquí fue donde Dédalo —escribió Evans en un artículo periodístico— construyó el Laberinto, el cubil del Minotauro, y creó las alas —que quizá fueran velas— con las que Ícaro y él sobrevolaron el Egeo». También en Cnosos, el héroe ateniense Teseo, cuando se había aventurado por el Laberinto, desenrolló una madeja de lana, mató al feroz hombre-toro y, siguiendo las revueltas del hilo, recuperó la libertad.

Como ya había sucedido con Troya, la ciudad de las leyendas resultó ser real. Las excavaciones revelaron una civilización culta y muy bien organizada, y tan antigua como las de Babilonia y Egipto. El hallazgo también comportó un misterio lingüístico. Junto con las piezas artísticas, la cerámica y los objetos rituales, Evans descubrió miles de

tablillas de barro cocido inscritas con los caracteres que ya había visto en las reliquias que motivaron su viaje a Creta. Identificó dos tipos de escritura, además de varios jeroglíficos que representaban objetos tales como la cabeza de un toro, un jarro de pico y lo que a juicio de Evans representaba un palacio o una torre: un rectángulo bisecado en diagonal, con cuatro puntas en lo alto. Pero no pudo leer las tablillas.

Aunque pasó varias décadas tratando de resolver el problema, Evans nunca logró descifrarlas. Hubo que esperar hasta 1952, once años después de su muerte, para identificar por fin una de las escrituras como una forma antigua del griego. Buena parte del otro alfabeto sigue siendo ininteligible. Lo que sí sabemos es que Evans colocó su «torre» bocabajo y que eso le llevó a malinterpretar su significado. Aquel jeroglífico no representaba una fortaleza almenada, sino un trozo de tela con flecos, o tal vez un telar vertical de pesas. No significaba «palacio», sino «textil».

La cultura minoica que inspiró el relato del hilo salvavidas hacía meticulosos recuentos de su ingente producción de lino y lana. Los registros textiles constituyen más de la mitad de las tablillas descubiertas en Cnosos. En dichos registros se contabilizan «los cultivos textiles, el número de corderos que nacen, la cantidad de lana que cada animal debe dar, la labor de los recolectores, la asignación de lana a los trabajadores, la recepción de tejidos acabados, el reparto de telas o prendas entre los empleados, y el almacenamiento de prendas en los almacenes palaciales», escribe un historiador. En una sola temporada, los talleres de palacio procesaban el vellón de entre setenta y ochenta mil ovejas, con el que se hilaba y tejía la impresionante cifra de sesenta toneladas de lana.

Evans había pasado por alto el origen de la riqueza de la ciudad y la actividad principal de sus habitantes. Cnosos fue una superpotencia textil. Como mucha gente antes y después de él, aquel arqueólogo pionero había pasado por alto el papel central de los textiles en la historia de la tecnología, el comercio y la civilización propiamente dicha.[1]

Nosotros, simios carentes de vello, coevolucionamos con nuestras telas. Desde el momento en que al nacer nos vemos arropados por una manta, ya estamos rodeados de textiles. Cubren nuestro cuerpo, engalanan nuestra cama y alfombran nuestros suelos. Los textiles nos proporcionan cinturones de seguridad y cojines para el sofá, tiendas de campaña y toallas de baño, mascarillas quirúrgicas y cinta aislante. Están por todas partes.

Pero, dándole la vuelta al famoso adagio de Arthur C. Clarke sobre la magia, cualquier tecnología lo bastante familiar es indistinguible de la naturaleza.[2] Parece algo obvio, intuitivo: tan entrelazada está al tejido de nuestra vida que la damos por sentada. Somos tan incapaces de imaginar un mundo sin telas como sin la luz del sol o sin la lluvia.

Somos herederos de un gran tapiz de metáforas —«pegar la hebra», «hilar fino», «cortados por el mismo patrón»—, pero no siempre somos conscientes de que hablamos de fibras y tejidos. Repetimos expresiones acuñadas como, por ejemplo, «de buen paño», «pender de un hilo», «cardar la lana». Las historias que contamos tienen flecos, los enigmas son madejas, a veces perdemos el hilo cuando hablamos. Mientras gira y gira la rueca del tiempo, hilvanamos retales de vida, y nunca nos preguntamos por qué llevamos tantos siglos hilando y entretejiendo a nuestra lengua expresiones como estas. Rodeados de textiles, nos mostramos casi del todo ajenos a su existencia, y al conocimiento y los esfuerzos que atesora hasta el más pequeño trocito de tela.

Y, con todo, la historia de los textiles es la historia de la inventiva humana.

El desarrollo de la agricultura tuvo por objeto tanto la obtención de fibra como de comida. Fue la necesidad del hilo lo que dio lugar a las máquinas que ahorraban trabajo humano; entre ellas, las de la Revolución Industrial. El color y el acabado de las telas están en el origen de la química; el tejido, en el nacimiento del código binario y en algunos aspectos de las matemáticas. No menos que en el caso del oro o las especias, la búsqueda de colorantes y tejidos llevó a los mercaderes a cruzar continentes enteros, y a los marinos, a adentrarse en mares extraños.

Desde los tiempos más remotos hasta la época presente, la industria

textil ha fomentado el intercambio a larga distancia. Los minoicos exportaban prendas de lana, algunas de ellas teñidas con la preciosa púrpura, hasta lugares tan lejanos como Egipto. Los antiguos romanos vestían seda china, que valía su peso en oro. El negocio textil financió el Renacimiento italiano y el Imperio mogol; nos brindó el *David* de Miguel Ángel y el Taj Mahal. Llevó el alfabeto a todas partes, así como el sistema contable de partida doble, hizo surgir instituciones financieras y alimentó el mercado de esclavos.

De una manera tan sutil como obvia, tan hermosa como terrible, los textiles conformaron nuestro mundo.

La historia global de los textiles ilumina la propia naturaleza de la civilización. Empleo el término «civilización» no con el propósito de sugerir una superioridad moral o el estado final de una evolución inevitable, sino en el sentido más neutro que esta definición implica: «la acumulación de conocimiento, habilidades, herramientas, arte, literatura, leyes, religiones y filosofía que se alzan entre el hombre y la naturaleza exterior, y que sirven de baluarte contra las fuerzas hostiles que, de otro modo, lo destruirían».[3] Esta descripción abarca dos dimensiones críticas que, juntas, distinguen lo que es la civilización de conceptos afines como la cultura.

En primer lugar, la civilización es *acumulativa.* Existe en el tiempo, donde la versión actual se asienta sobre las anteriores. Una civilización deja de existir cuando se interrumpe esa continuidad. La civilización minoica desapareció. A la inversa, puede suceder que una civilización se desarrolle durante una larga extensión de tiempo, mientras que las culturas que la constituyen van desapareciendo o cambian de manera irreversible. La Europa occidental de 1980 era radicalmente distinta, en sus costumbres y convenciones sociales, en sus prácticas religiosas, en su cultura material, en su organización política, en sus recursos tecnológicos y en su comprensión científica, de la cristiandad de 1480, y, sin embargo, en las dos reconocemos la civilización occidental.

La historia de los textiles demuestra esta cualidad acumulativa. Nos permite seguir el proceso y las interacciones entre las técnicas prácticas y la teoría científica: el cultivo de plantas y la cría de animales, la propagación de las innovaciones mecánicas y los procedimientos de medición, la conservación y reproducción de patrones, la manipulación

de productos químicos... Podemos ver cómo el conocimiento se va difundiendo de un lugar a otro, a veces en forma escrita, pero más a menudo a través del contacto humano o el intercambio de bienes, y observamos cómo las civilizaciones acaban entrelazándose.

En segundo lugar, la civilización es una *tecnología de supervivencia.* Comprende las numerosas cosas —diseñadas o desarrolladas, tangibles o intangibles— que se alzan entre los vulnerables seres humanos y las amenazas naturales, y que revisten el mundo de significado. Al proporcionar protección y adorno, los textiles por sí mismos se cuentan entre tales cosas, así como, también, las innovaciones que inspiran, innovaciones que abarcan desde la selección de semillas hasta los patrones de costura, pasando por las nuevas maneras de conservar la información.

La civilización nos protege, no solo de los riesgos y molestias de una naturaleza indiferente, sino también de los peligros que provienen de otros seres humanos. En su estado ideal nos permitiría vivir en armonía. Al hablar de civilización, los pensadores del siglo XVIII se referían al refinamiento intelectual y artístico, a la sociabilidad y a las pacíficas interacciones de la ciudad comercial.[4] Sin embargo, rara es la civilización que existe sin violencia organizada. En el mejor de los casos, la civilización anima a la cooperación, al doblegar los impulsos violentos de la humanidad; y, en el peor de los casos, los desata en aras de las conquistas, el pillaje y la esclavitud. La historia de los textiles resalta ambos aspectos.

También nos recuerda que la tecnología implica mucho más que máquinas o electrónica. Los antiguos griegos adoraban a Atenea como diosa del *techne:* el arte y el conocimiento productivo, artífice de la civilización. Era la que otorgaba y protegía los olivos, los barcos y los tejidos. Los griegos empleaban la misma palabra para describir dos de sus tecnologías más importantes: llamaban *histós* tanto a los telares como al mástil de los barcos. De la misma raíz deviene el nombre de *histía* para las velas (literalmente, el producto de los telares).[5]

Tejer es idear, inventar, es decir, concebir una función y belleza a partir del más sencillo de los elementos. En la *Odisea,* cuando Atenea y Ulises traman algo, «tejen un plan». En inglés, *fabric* y *fabricate*

(«tejido» e «inventar», respectivamente) comparten una raíz latina común, *fabrice,* «algo producido con destreza». «Texto» y «textil» guardan una relación similar: provienen del verbo *texere* («tejer»), que a su vez deriva —como *techne*— de la palabra indoeuropea *teks,* cuyo significado es «tejer». La palabra *orden* procede de la palabra latina que designa la preparación de los hilos de urdimbre, *ordior,* al igual que la palabra *ordenador*. La palabra francesa *métier,* que significa «arte» o «industria», tiene también por significado «telar».

Tales asociaciones no son únicamente europeas. En el idioma quiché, los términos que describen el tejido de patrones y la escritura jeroglífica usan la raíz común *tz'iba.* La palabra sánscrita *sutra,* que ahora alude a un aforismo literario o una escritura religiosa, designaba en su origen el cordel o el hilo; la palabra *tantra*, que alude a un texto religioso hindú o budista, proviene del sánscrito *tantrum,* que significa «urdimbre» o «telar». La palabra china *zuzhi,* que significa «organización» u «ordenar», también quiere decir «tejer», mientras que *chengji,* cuyo significado es «logro» o «resultado», designaba en su origen el acto de entrelazar hilos.[6]

Hacer telas es una labor creativa, análoga a otras labores creativas. Es una prueba de maestría y refinamiento. «¿Podemos esperar que un Gobierno sea bien modelado por un pueblo que desconozca la manera de fabricar una rueca o utilizar sabiamente un telar?», escribió el filósofo David Hume en 1742.[7] El conocimiento es poco menos que universal. Raro es el pueblo que no hila o teje, y rara, también, la sociedad que no se embarca en negocios relacionados con los textiles.

La historia de los textiles es una historia de científicos célebres y olvidados campesinos, mejoras paulatinas y repentinos saltos, repetidas invenciones y hallazgos únicos. Es una historia cuyo impulso reside en la curiosidad, en la practicidad, en la generosidad y en la codicia. Es una historia de arte y de ciencia, de mujeres y hombres, de serendipias y planificaciones, de comercios pacíficos y guerras salvajes. Es, en resumen, la historia de la propia humanidad: una historia global, situada en todo tiempo y lugar.

Como los *bogolanes*, o telas listadas, del África occidental, *El tejido de la civilización* es un todo formado por diferentes piezas, cada una de ellas entretejida a las otras, con sus propias *urdimbres* y *tramas*. (Las

palabras y términos en cursiva, tales como *trama*, *urdimbre* y *bogolán* [o tela listada], pueden encontrarse en el glosario). La urdimbre de cada capítulo representa una etapa del viaje textil. Comenzamos con la producción —fibra, hilo, tela y tinte— y de ahí nos desplazamos, como la propia tela, hasta los comerciantes y consumidores. Al final regresamos a la fibra para adoptar una nueva visión de esta y para conocer a los innovadores que revolucionaron los textiles en el siglo XX, así como a algunos de hoy en día que esperamos que empleen las telas para cambiar el mundo. Cada capítulo expone los sucesos en un orden cronológico aproximado. Hay que pensar que la urdimbre es el qué de cada capítulo.

La trama constituye el porqué: esa influencia significativa de verdad que los materiales textiles, sus creadores o los mercados han tenido en el carácter y en el progreso de la civilización. Examinamos lo que de artificio hay en las fibras «naturales» y descubrimos el motivo por el que las máquinas de hilado supusieron el estallido de una revolución económica. Ahondamos en la profunda relación que existe entre las telas y las matemáticas, así como en lo que el tinte nos indica acerca del conocimiento químico. Exploramos el papel esencial de las «tecnologías sociales» en el desarrollo del comercio, las múltiples maneras en las que el deseo por los textiles perturba el mundo, y las razones por las que la investigación textil atrae incluso a los científicos teóricos. La trama aporta un mayor contexto a la historia del capítulo.

Cada capítulo puede leerse por separado, tal y como una sola tira de tejido *kente* puede formar una estola. Por otra parte, el conjunto revela el motivo general. Desde la prehistoria al futuro próximo, esta es la historia de los seres humanos que tejieron, y todavía tejen, el relato de la civilización.

Capítulo uno

FIBRA

El Señor es mi pastor; nada me falta.

Salmo 23

En estos días de prendas con mezcla de *spandex* y microfibras de alto rendimiento, Levi's sigue vendiendo sus vaqueros cien por cien algodón de toda la vida. Si los miramos con atención, podremos ver la estructura. Cada hebra es fina y larga, está igualada y abarca el largo o el ancho completos de la prenda. Las hebras verticales son azules, con un núcleo blanco, mientras que las horizontales, que se dejan ver en los desgarrones dispuestos aquí y allá de forma artística, son blancas en toda su longitud. En las zonas gastadas del interior se puede ver el patrón diagonal de la sarga, que confiere a los vaqueros su resistencia y su elasticidad natural.

Al algodón lo llamamos «fibra natural», algo que, frente a tejidos sintéticos como el poliéster y el nailon, reviste un gran valor. Sin embargo, nada hay más lejos de la realidad. Las hebras, los tintes, las telas, e incluso las plantas y animales que proporcionan la materia prima, son el resultado de miles de años de mejoras e innovaciones, grandes y pequeñas. Fue la acción humana, y no la acción natural por sí sola, la que convirtió el algodón en lo que hoy es.

El algodón, la lana, el lino, la seda y sus parientes menos destacados pueden tener un origen biológico, pero las llamadas fibras naturales son el producto de artificios tan antiguos y cotidianos que nos hemos olvidado de que son tales. El recorrido que lleva a terminar una tela comienza en la cría y cultivo de animales y plantas mediante un proceso de ensayo y error cuya finalidad consiste en producir una abundancia antinatural de fibras apropiadas para formar las hebras.

Estos organismos modificados genéticamente constituyen logros tecnológicos tan ingeniosos como las máquinas que dieron pie a la Revolución Industrial. Y también producen consecuencias de enorme alcance económico, político y cultural.

Lo que, en términos generales, se conoce como Edad de Piedra podría, de igual modo, recibir el nombre de Edad del Cordel. Esas dos tecnologías prehistóricas se hallaban literalmente entrelazadas. Los primeros humanos utilizaban el cordel para unir las piedras cortantes a sus mangos, creando así hachas y lanzas.

Las piedras perduraron durante milenios, a la espera de que las desenterrasen los arqueólogos. Para entonces los cordeles se habían podrido, y sus vestigios ya no eran perceptibles a simple vista. Los estudiosos dieron nombre a las épocas prehistóricas a partir de las capas de herramientas de piedra cada vez más sofisticadas que iban encontrando: Paleolítico, Mesolítico, Neolítico. *Lítico* significa «perteneciente o relativo a la piedra». A nadie se le ocurría pensar en los cordeles desaparecidos. Pero nos formaremos una idea incompleta de la vida prehistórica y de los primeros productos del ingenio humano si solo imaginamos las herramientas duras que resisten con facilidad el paso del tiempo. Hoy en día, los investigadores pueden detectar el rastro de materiales más blandos.

Bruce Hardy, un paleoantropólogo de Kenyon College, Ohio, está especializado en lo que se conoce como análisis de residuos, que consiste en examinar los fragmentos microscópicos que quedaron cuando las primeras herramientas de piedra cortaron otros materiales. A fin de construir una biblioteca de muestras comparativas, Hardy utiliza réplicas de las herramientas que podrían haber empleado las primeras poblaciones para cortar animales y plantas, y después las examina bajo el microscopio. Al analizar sus características al microscopio, Hardy es capaz de identificar desde células de tubérculos a esporas de hongos, pasando por escamas de pez y trozos de cuero. Y también puede reconocer fibras.

En 2018, Hardy trabajaba en el laboratorio parisino de Marie-

Hélène Moncel, examinando herramientas que Moncel había desenterrado de un yacimiento del sudeste de Francia llamado Abri du Maras. Allí, hace unos cuarenta o cincuenta mil años, una población neandertal vivía bajo la protección de un saliente de roca que le servía de refugio. Tres metros por debajo de la superficie actual dejó un manto que albergaba cenizas, huesos y herramientas de piedra. Con anterioridad Hardy había encontrado fibras vegetales, sueltas y retorcidas, sobre algunas de sus herramientas, una prueba que parecía sugerir que esa población podía haber fabricado cordeles. Sin embargo, por sí sola una fibra no es un cordel.

En esta ocasión, Hardy advirtió que en una herramienta de piedra de cinco centímetros había un pedacito color crema del tamaño de un grano. Si bien era fácil pasarlo por alto en la superficie amarillenta del sílex, para una mirada tan adiestrada como la suya, podría ser como un neón parpadeante que dijera «¡AHÍ ESTÁ!». «En cuanto lo vi, supe que habría algo más —dice Hardy—. Pensé: "Madre mía, ya está. Creo que ya lo tenemos"». Incrustada en la piedra había una madeja de fibras entrelazadas.

Cuanto más examinaban Hardy y sus colegas aquel hallazgo, sirviéndose de unos microscopios cada vez más sensibles, más emocionante se volvía su labor. Tres nítidos haces de fibras, cada uno de ellos retorcido en la misma dirección, habían sido unidos entre sí en la dirección opuesta para formar un cordón de tres cabos. Usando las fibras del tronco interior de unas coníferas, los neandertales habían inventado el cordel.

Al igual que la máquina de vapor o el semiconductor, el cordel es una tecnología de utilidad general con incontables aplicaciones. Con él, los primeros humanos podían crear sedales y redes, fabricar arcos para cazar, o hacer hogueras; podían poner trampas para la caza menor, envolver y transportar bultos, colgar comida para que se curase, atarse los bebés al pecho, producir cintos y collares, y coser y unir el cuero. El cordel amplió las habilidades de las manos humanas y aumentó la capacidad de la mente humana.

«A medida que la estructura se vuelve más compleja (cordeles múltiples que se entrelazan para formar cuerdas, cuerdas que se entreveran para formar nudos) —escriben Hardy y sus coautores—,

tiene lugar un "infinito uso a partir de medios finitos" que exige una complejidad cognitiva similar a la que demanda el lenguaje humano». Ya se utilizase para crear trampas o para atar bultos, el cordel facilitó la tarea de coger, transportar y almacenar provisiones. Proporcionó a los primeros cazadores-recolectores una mayor flexibilidad y control de su entorno. Aquella invención fue un paso fundamental en pos de la civilización.

«Tanto poder de someter el mundo a la voluntad y el ingenio humanos llega a tener un simple cordel que sospecho que fue un arma invisible que permitió a la raza humana conquistar la tierra», escribe la historiadora de los textiles Elizabeth Wayland Barber.[1] Nuestros más remotos antepasados quizá fueran primitivos, pero también eran ingeniosos e inteligentes. A su paso, dejaron impresionantes obras de arte y tecnologías que cambiaron el mundo: pinturas rupestres, pequeñas esculturas, flautas y agujas hechas de hueso, abalorios y herramientas compuestas; entre ellas, puntas de lanza y arpones de quita y pon. Aunque solo han perdurado en el transcurso de los milenios cantidades ínfimas de cordeles, formaron parte de la misma abundancia creadora.

Su origen reside en la *fibra liberiana,* que crece en el interior del tronco de los árboles y en los tallos externos de plantas como el lino, el cáñamo, el ramio, la ortiga y el yute. Las fibras de los árboles tienden a ser más bastas y cuesta más trabajo extraerlas. Además, advierte Hardy, «el lino tarda menos en crecer de lo que tarda un árbol».

Representaba, pues, un significativo avance averiguar la manera de extraer la fibra del lino silvestre. No cuesta imaginar cómo pudo ocurrir. Al caer los tallos al suelo, las capas exteriores se pudrían bajo el rocío o la lluvia, dejando a la vista las largas y fibrosas hebras de su interior. Los primeros humanos pudieron retirar las fibras y entrelazarlas hasta conseguir un cordel, haciendo rodar el lino ya fuera entre sus dedos o contra sus muslos.

Ya procediera de árboles de crecimiento lento o de plantas de crecimiento rápido, la fibra liberiana no podía, por sí sola, dar cordeles en abundancia. Cuando la única manera de crear un cordel consiste en enrollar fibra liberiana contra el muslo, reunir la suficiente para fabricar una bolsa de malla puede requerir el equivalente actual de dos

semanas de trabajo, esto es, entre 60 y 80 horas, si nos basamos en las prácticas tradicionales de Papúa Nueva Guinea. Darle forma a una bolsa entrelazando cordeles puede llevar otras 100 o 160 horas: el trabajo de un mes.[2]

Es posible que un cordel sea una tecnología poderosa, pero no es tela. Para producir las hebras que permiten crear un tejido necesitamos una mayor cantidad, y menos arbitraria, de materia prima. Hacen falta campos de lino, rebaños de ovejas, y el tiempo necesario para transformar unas desordenadas masas de fibra en varios metros de hebras. Necesitamos servirnos de la agricultura: un salto tecnológico que pasó rápido de la comida a las fibras.

Recibió el nombre de Revolución Neolítica. Hace aproximadamente doce mil años, los humanos comenzaron a establecer asentamientos permanentes, a cultivar plantas y a domesticar animales. Aunque seguían cazando y forrajeando, aquellos pueblos ya no subsistían tan solo de lo que encontraban en su entorno. Al comprender la reproducción y controlarla, comenzaron a alterar animales y plantas para adaptarlos a sus propósitos. Inventaron las fibras «naturales», además de nuevas fuentes alimenticias.

Hace once mil años, en alguna parte del sudoeste de Asia, las ovejas fueron, tras los perros, los primeros animales domesticados. Aquellas ovejas neolíticas no eran las lanudas y blancas criaturas de las escenas navideñas, los anuncios de colchones o los pastos australianos. Su pelaje era pardo, con un pelo basto que mudaba cada primavera, y que caía en montones en lugar de crecer de manera continua. Los primeros pastores sacrificaban a la mayoría de los machos y a numerosas hembras cuando los animales todavía eran jóvenes, para tomar su carne. Solo permitían que los que poseían las cualidades más deseables madurasen y se reprodujeran. Con el tiempo —mucho mucho tiempo —, las decisiones humanas modificaron la naturaleza de las ovejas. Los animales menguaron de tamaño, sus cuernos encogieron, su pelaje se volvió cada vez más lanoso, y, aunque los antiguos pastores de ovejas

les arrancaban los vellones en lugar de esquilarlas, a la larga las ovejas dejaron de mudar la piel.

Tras unas dos mil generaciones —más de cinco mil años, o a medio camino de la época actual—, la cría selectiva había transformado las ovejas en las criaturas productoras de lana representadas en el arte egipcio y mesopotámico. Tenían espesos vellones de varios colores (entre ellos, el blanco), y huesos más gruesos para sostener su pelaje, ahora más pesado. Con el tiempo, las fibras de sus vellones se volvieron más finas y más uniformes. Los yacimientos óseos muestran que también cambió la mezcla de rebaños. En los yacimientos más antiguos, los arqueólogos encuentran casi de forma exclusiva huesos de corderos sacrificados para servir de alimento, mientras que en yacimientos posteriores muchos huesos también proceden de ovejas que han sobrevivido hasta la edad adulta, incluidos machos (probablemente castrados). Los pueblos antiguos habían comenzado a producir lana.[3]

Algo semejante ocurrió con la herbosa planta silvestre conocida como lino. En campo abierto, las vainas de lino estallan al madurar y sueltan sus pequeñas semillas en el suelo, donde resulta casi imposible recogerlas. Los primeros granjeros cosechaban las vainas de esas raras plantas en las que permanecían cerradas. Al igual que los ojos azules, estas cápsulas intactas indican un rasgo genético recesivo, que hace que las semillas que contienen produzcan retoños cuyas vainas también permanecen cerradas. La mayoría de las semillas cosechadas o bien se las comían, o bien las prensaban para obtener aceite, pero los encargados de cultivarlas se quedaban con las más grandes para plantarlas en la siguiente estación. Con el paso del tiempo las semillas de lino domesticadas aumentaron de tamaño respecto a su parentela silvestre, y proporcionaban mayor cantidad del aceite y los nutrientes que tanto valoraban los humanos.[4]




Una primitiva oveja de Soay, el pariente vivo más próximo a las ovejas que existían antes de la cría humana. Puede advertirse la muda de los vellones. Compárese con la actual oveja merina. (iStockphoto)

Los pioneros de la agricultura crearon entonces una segunda clase de lino domesticado. Guardaban las semillas procedentes de las plantas más altas y con menos vainas y ramas. En estas la energía se acumulaba en sus tallos, lo que contribuía a una mayor producción de fibra. Los campos cultivados con este tipo de lino proporcionaban suficiente material para confeccionar tela de lino.[5]

No obstante, el mero hecho de cultivar plantas de lino no producía hebras adecuadas para tejer. En primer lugar, la fibra ha de ser recogida y procesada, una tarea de lo más laboriosa incluso hoy día. El primer paso consiste en arrancar los tallos desde la raíz, conservando la fibra en toda su longitud. Luego hay que dejar secar los tallos recogidos. Viene después un proceso llamado *enriado,* que produce un fuerte olor, y en el que los tallos se mantienen sumergidos en agua para que las bacterias rompan la pegajosa pectina que adhiere las fibras útiles al tallo interior. A menos que el agua fluya libremente, el enriado huele a mil demonios. No es casualidad que la palabra inglesa para «enriar» (*ret*), se parezca a *rot* («pudrir»).



En este grabado holandés anónimo, una mujer sueña con un alivio mágico que la libere de la ardua labor de procesar lino, ca. *1673. (Rijksmuseum)*

No es fácil saber cuándo es el momento adecuado para sacar los tallos del agua. Si se sacan demasiado pronto, las fibras estarán tan duras que no podrán extraerse, y, si no se hace lo bastante pronto, se romperán en pedacitos. Una vez fuera del agua, hay que secar los tallos a fondo antes de golpearlos y pelarlos para separar las fibras de la paja, un proceso que recibe el nombre de *agramado.* Por último, viene el *rastrillado,* durante el cual se pasan las fibras por los cardadores para separar las que son largas de la estopa, que es corta y sedosa. Solo entonces el lino estará listo para convertirlo en hilo.

Teniendo en cuenta todo este esfuerzo, es evidente que los primeros humanos concedieron un enorme valor al lino. No sabemos con exactitud cuándo comenzó el hombre a cultivar lino para producir telas en lugar de aceite, pero lo que sí sabemos es que tuvo que ser en los albores de la agricultura. En 1983, los arqueólogos que trabajaban

en la cueva de Nahal Hemar, cerca del mar Muerto, en el desierto de Judea (Israel), descubrieron retazos de tejido e hilos de lino, entre los cuales se hallaban los restos de lo que parecía ser algún tipo de tocado. Dichos textiles, a los que el radiocarbono atribuyó unos nueve mil años de antigüedad, anteceden a la cerámica y pueden incluso ser anteriores a los telares. Más que tejida, la tela estaba hecha con técnicas de entrelazado, nudos y lazadas, similares a las utilizadas en cestería, macramé o ganchillo.

Los textiles de la cueva no eran experimentos rudimentarios, sino la obra de diestros artesanos, que, sin duda, sabían lo que hacían. Los restos revelan técnicas cuyo perfeccionamiento solo pudo haberse alcanzado con el paso del tiempo. Un arqueólogo que los analizó describe «… su bella factura, el grado de regularidad y delicadeza exhibido, los sofisticados detalles y un agudo sentido de la ornamentación. Entre sus acabados se aprecian ojales y puntos "de estrella"», con puntadas bordadas en paralelo, de idéntica longitud y perfectamente espaciadas. El hilo es resistente y está trenzado con mucha soltura, nada que ver con lo que uno obtendría al retirar la fibra de unos tallos recogidos del suelo sin orden ni concierto y trenzándolos entre sí con los dedos. En algunos casos se habían unido dos hebras para que tuvieran mayor firmeza.[6]

Dicho de otro modo, hace nueve mil años los granjeros del Neolítico ya habían concebido no solo el modo de cultivar y desarrollar el lino para obtener su fibra, sino también la manera de procesarlo e hilarlo en hebras de gran calidad, así como la forma de convertir esas hebras en telas cosidas con puntos decorativos. Los textiles se remontan a los primeros días de la agricultura y los asentamientos permanentes.

Transformar ovejas y lino en fuentes solventes de una materia prima que sirviera para la producción de hilos conllevó una meticulosa observación, ingenio y paciencia. Sin embargo, aquello no fue nada comparado con la imaginación —y una buena suerte genética— que se requería para convertir el algodón en la fibra «natural» más dominante, e históricamente trascendente, del mundo.

Suspendidos de unas ramas situadas a unos treinta centímetros de mi cabeza hay lo que parecen capullos, con unos núcleos sombreados visibles a través de las tenues fibras. Uno de ellos pende de un hilo de seis centímetros, como si fuera una sedosa araña blanca. Al arrancarlo, siento que el hilo es suave y está un poco enroscado, distinto del todo de la pegajosa seda de los capullos. El núcleo oscuro es una semilla de corteza dura. Esto es *Gossypium hirsutum*, algodón procedente de la península del Yucatán, la versión silvestre de la especie comercial hoy dominante. Observando el pequeño hilo, estirado y enroscado por obra de la naturaleza, veo de dónde sacaron los primeros humanos la idea de que estos filamentos podían resultar de utilidad.

«Son formas como estas las primeras que, al menos en cuatro ocasiones diferentes, en cuatro culturas distintas —que en cada caso se remontan a cinco mil años atrás o más—, atrajeron la atención de los domesticadores aborígenes», dice el biólogo evolutivo Jonathan Wendel. «Acertaron a domesticarlas de forma lenta pero segura, usando sus semillas como aceite, empleándolas para alimentar a sus animales domésticos o para fabricar mechas para velas, borra para almohadas o vendajes para heridas. Tal era su increíble versatilidad». Nos encontramos en el invernadero que hay en lo alto de un edificio de la Universidad Estatal de Iowa, el increíble hogar, en el Corn Belt, de uno de los principales expertos mundiales en genética del algodón... y uno de los más entregados coleccionistas y cultivadores de especímenes raros. El invernadero alberga cientos de plantas de algodón que representan unas veinte especies diferentes de todo el mundo, junto con muestras de los parientes más próximos del *Gossypium*: la *Kokia* de Hawái y la *Gossypioides* de Madagascar. El algodón está por todas partes. «Todas estas plantas tienen su historia», dice Wendel, un esbelto corredor de maratones que exuda un contagioso entusiasmo por la extraña historia natural del algodón.

Casi ninguna de las más o menos cincuenta especies de algodón que hay en el mundo sirven para hacer hilo. Sus semillas tienen tanta pelusa como un melocotón. Sin embargo, hace apenas un millón de años, de las semillas de una especie africana de *Gossypium* comenzaron a germinar pedacitos de pelusa algo más largos: cada una de las fibras era

una solitaria célula enroscada. «Esto ocurrió tan solo una vez, en este grupo africano», dice Wendel.

En su despacho, Wendel me entrega una bolsa de plástico llena de pequeñas cápsulas de *Gossypium herbaceum*, procedentes de los descendientes vivos más cercanos de la especie africana de la que provienen todas las fibras de algodón. En su mayor parte son semillas, con la pelusa justa para que se mantenga unida. «Mucho antes de que hubiera humanos, la naturaleza nos ofreció esto», dice. Los científicos no saben muy bien por qué evolucionó la fibra. No parece servir para atraer a los pájaros, que a fin de cuentas solo rara vez dispersan semillas de algodón. Quizá ayude a que las semillas germinen, al atraer microbios que rompen el basto manto de la semilla cuando hay suficiente agua. La verdad es que desconocemos el motivo. Sea este cual sea, sobrevivió un particular genoma de algodón capaz de producir fibra. Los científicos lo llaman el genoma A.

La mutación que permite la producción de fibra fue el primer golpe de suerte para los futuros usuarios de ropa vaquera. No mucho tiempo más tarde sucedió algo todavía más extraordinario. Una semilla de algodón africano cruzó, no se sabe cómo, el océano, hasta llegar a México. Allí arraigó y se cruzó con una especie local que había desarrollado su propio genoma particular, llamado D. Al igual que el resto de las especies de algodón del mundo, el algodón D no producía fibra, al contrario que el nuevo híbrido. De hecho, tenía el potencial genético de desarrollar variedades con más fibra incluso que su pariente africano. Esto sucedió porque, en lugar de obtener la habitual copia única de los cromosomas de cada progenitor, el nuevo híbrido recibió ambas copias, lo que le confirió veintiséis pares de cromosomas con los que operar en lugar de trece. (Este fenómeno, llamado *poliploidía,* en contraposición a la *diploidía* habitual, es muy frecuente en las plantas). Los genetistas llaman AD al híbrido del Nuevo Mundo.

Al igual que la mutación africana original, el híbrido AD transoceánico solo apareció en una ocasión. Cuando Wendel comenzó a trabajar con el algodón en la década de 1980, había dos teorías que rivalizaban para explicar la manera en que los genomas A y D llegaron a unirse. La primera era que el híbrido surgió hace al menos sesenta y cinco millones de años, cuando América del Sur y África todavía

formaban parte de una sola masa de tierra, antes de que un movimiento en la tectónica de placas del planeta separase ambos continentes. «En el otro lado del espectro —recuerda Wendel— se encuentran los Kon-Tikistas», que afirmaban que los humanos debían de haber llevado las semillas en sus barcos, de manera que «los algodones poliploides tendrían quizá unos cinco mil o diez mil años de antigüedad». (La Kon-Tiki es una barcaza que Thor Heyerdahl empleó para navegar desde Perú a la Polinesia francesa en 1947, y demostrar así la hipótesis de que los pueblos ancestrales podían haber recorrido grandes distancias por mar).

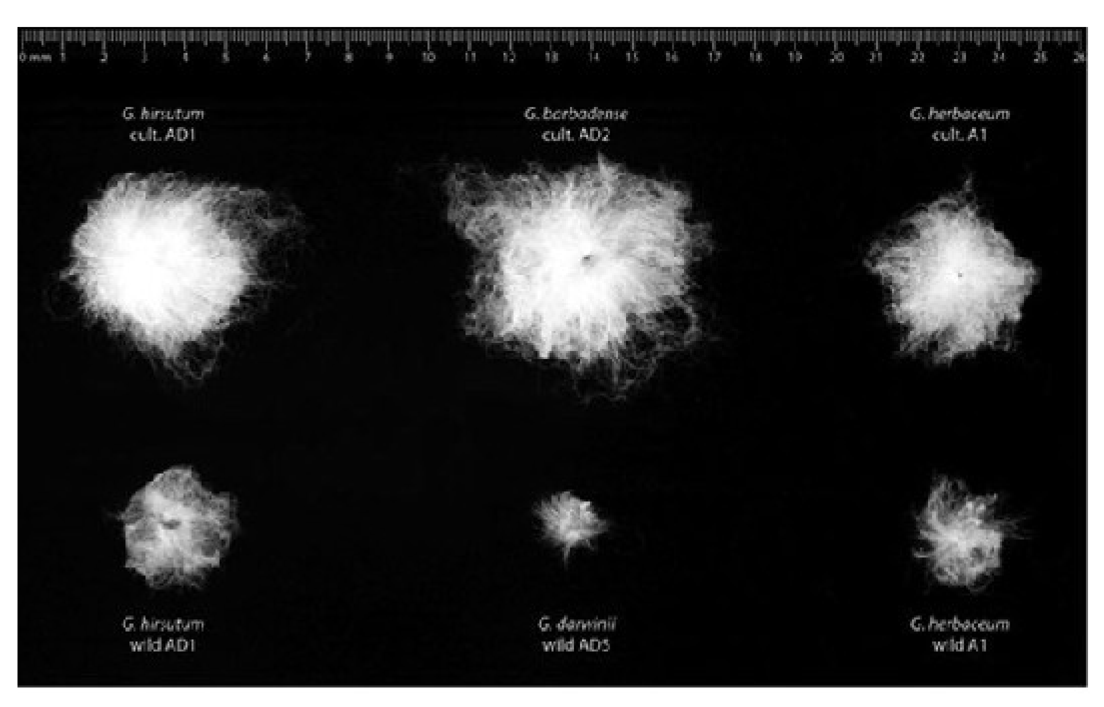
Ambas partes estaban equivocadas. Hoy, los genetistas pueden estimar la edad de una especie secuenciando su ADN para comprobar cuánto difieren los pares de base constituyentes de los que ostentan las especies relacionadas. Las mutaciones tienen lugar a un ritmo razonablemente predecible, que puede ser calibrado con pruebas fósiles para indicar cuándo divergieron las dos especies respecto a un ancestro común. La tasa de mutación varía —en el mundo vegetal, los árboles cambian más lentamente que las plantas anuales, por ejemplo —, y no todas las especies tienen un registro fósil, de modo que las estimaciones no son nada precisas. Pero, mal que bien, te ponen sobre la pista. «Puedes desviarte por un múltiplo de dos o tres o cuatro —dice Wendel—, pero no por diez o cien o mil».

En el caso de los misteriosos híbridos de algodón, con eso basta. Los genomas familiares A y D y el híbrido AD son lo bastante parecidos como para que el ensamblador pueda remontarse hasta la época en que los dinosaurios dominaban la tierra —los mismos A y D solo divergieron hace entre cinco y diez millones de años—, y son demasiado diferentes respecto al híbrido como para tratarse de un producto del transporte humano. «No hay la más ínfima posibilidad de que la causa fuera la Kon-Tiki —dice Wendel—. El algodón poliploide se formó sin ninguna duda antes de que los humanos apareciesen en el planeta».

Desconocemos cómo logró la semilla de algodón cruzar el océano, ni siquiera sabemos si se dirigió al oeste cruzando el Atlántico o al este a través del Pacífico. Quizá llegó flotando en un trozo de piedra pómez o la atrapó un huracán. Fuera como fuese, sucedió algo

extremadamente improbable. «Es la trascendencia evolutiva de sucesos verdaderamente atípicos», dice Wendel.

En este caso, la trascendencia no fue solo evolutiva, sino también comercial y cultural. Cuando apareció el hombre, el complemento genético extra dio a los cultivadores de las Américas muchas más posibilidades con las que trabajar. El resultado, afirma Wendel, es que «la selección humana fue capaz de crear un tipo de algodón más largo, más resistente y más delicado de lo que era posible obtener de los domesticados genomas A del Viejo Mundo». Con su genoma AD, el algodón del Nuevo Mundo, ancestro de las especies que nutrieron la Revolución Industrial y nos legarían las prendas vaqueras, debe su existencia a un sorprendente golpe de fortuna.



El algodón domesticado tiene fibras más largas, más blancas y más profusas que el algodón silvestre. (Jonathan Wendel)

En su estado natural, sin embargo, incluso las plantas de algodón más fructíferas resultarían una patética fuente originaria para fabricar hilos, por no hablar de telas. En ambos lados del Atlántico, el algodón silvestre no es más que una mata escasa y esmirriada. Sus pequeñas cápsulas son en su mayoría semillas de revestimientos tan duros que rara vez germinan. Mucho antes de que alguien concibiera el término

«organismo modificado genéticamente», la acción del hombre transformó esta poco prometedora planta en lo que Wendel llama «máquina frutal». El hombre creó esas cápsulas bien cargadas de fibra que hoy conocemos como algodón.

En el sur de África y en el valle del Indo, en la península del Yucatán y en la costa de Perú, los granjeros reservaban las semillas de las plantas que daban fibras más largas y abundantes para futuras cosechas. Aprendieron a hacer muescas en el duro revestimiento de las semillas para favorecer los brotes, y a buscar semillas que no fueran tan duras. Priorizaban las cápsulas blancas antes que la paleta de pardos de la naturaleza. Incentivaban las plantas que maduraban rápido y más o menos al mismo tiempo. De esta manipulación genética surgieron cuatro especies de algodón domesticado: dos en el Viejo Mundo, la *Gossypium arboreum* y la *Gossypium herbaceum,* y dos en el Nuevo, *Gossypium hirsutum* y *Gossypium barbadense*.

«Las cuatro especies de algodón —escriben Wendel y sus coautores en un texto genérico sobre la «domesticación» del algodón— se transformaron, de unas matas perennes y arbitrarias y unos arbustos con diminutas semillas impermeables cubiertas aquí y allá por unos burdos pelillos apenas distinguibles, en pequeñas y compactas plantas anuales con profusos montones de hilas largas y blancas brotadas de unas generosas semillas que germinaban con suma facilidad».[7]

Hasta aquí, perfecto. Pero, durante miles de años, muchas de las regiones productoras de algodón más importantes de la actualidad no admitían ninguna de las cuatro especies domesticadas. No se podía cultivar algodón en el delta del Misisipi, en las llanuras altas de Texas, en Sinkiang ni en Uzbekistán. Los cultivos de algodón solo podían sobrevivir en climas libres de escarcha. El motivo es que las plantas de algodón suelen atender a la longitud total del día como una indicación para saber cuándo florecer. Producen flores y luego semillas —y la fibra que las rodea— solo cuando los días se hacen más cortos. (Algunas variedades también necesitan temperaturas frías). De ese modo, en las tierras tropicales de las que es originario, el algodón no puede florecer hasta diciembre o enero, y produce sus cápsulas a comienzos de la primavera. En lugares proclives a la escarcha, esas plantas no vivirían lo suficiente para reproducirse.

Ese es el motivo por el que Mac Marston apenas podía creer lo que veía cuando observó la muestra que tenía bajo el microscopio. Elizabeth Brite, estudiante de posgrado de Arqueología de la Universidad de UCLA, le había pedido que identificase las semillas que ella había recogido en Kara Tepe, un yacimiento preislámico próximo al mar de Aral, al noroeste de Uzbekistán. En algún momento entre los siglos IV y V, un incendio que allí tuvo lugar arrasó una casa, carbonizando y preservando sus contenidos, entre los que se contaban gran cantidad de semillas que al parecer habrían sido almacenadas para plantarlas en el futuro. Brite puso en remojo las semillas dentro de un cubo de agua, y las pasó por un cedazo para quitarles la suciedad incrustada. Selló las muestras en frascos del tamaño de rollos de cine y se las entregó a Marston. El trabajo de Marston consistía en averiguar de qué tipo de semillas se trataba.

«Me quedé impactado cuando puse la primera muestra bajo el microscopio y descubrí que era pura semilla de algodón», recuerda Marston, actualmente en la Universidad de Boston. «No. No es algodón —pensó—. Me debo de estar equivocando en algo. Es otra cosa. Se parece un poco al algodón, pero tiene que ser otra cosa, porque eso no debería estar ahí». Nadie esperaba encontrar algodón tan al norte, ni tampoco en un yacimiento anterior al siglo V. Pero las muestras eran excelentes, las semillas eran sin duda algodón, y había demasiadas como para que pudiera tratarse de un casual detrito. El pueblo de Kara Tepe cultivó algodón.

Si olvidamos el problema de la escarcha, tiene sentido. El algodón necesita pleno sol, un clima cálido y no demasiada lluvia. Así que estaba bien adaptado para esa seca y calurosa región, con su suelo salino y un río que crecía a finales de la primavera y a principios del verano, proporcionando agua de regadío. Su ciclo vital complementaba los cultivos alimentarios locales. Y el pueblo de Kara Tepe podía haberse hecho con las semillas.

«Hablamos de una zona que tenía evidentes contactos comerciales con la India —dice Marston—. Así que no es como haber encontrado maíz, o cualquier otra cosa imposible del todo» porque solo creciera en el otro lado del mundo. Pero ¿por qué unos granjeros indios habrían

identificado y cultivado un algodón que solo podía desarrollarse al trasplantarlo en Kara Tepe? ¿Por qué un pueblo situado en una región sin escarcha se preocuparía de unas plantas que no eran sensibles a la cantidad de horas de luz?

Quizá fue la competitividad comercial lo que impulsó el cambio. Supongamos que estamos cultivando algodón en el valle del Indo, que, como es sabido, se trata de un proveedor de prendas de algodón desde el tiempo de los escritos de Heródoto, en el siglo V a. C. Si nuestros árboles de algodón —pues en realidad eran árboles— florecen antes que los del vecino, podremos llegar antes al mercado. Nos pagarán antes. Dependiendo de la impaciencia de los compradores, podríamos incluso exigir un precio más alto. Cuanto antes se recoja el algodón, mejor para el granjero.

Luego, con el tiempo, aquellos que cultivaban buscando el máximo beneficio podrían haber dado un trato de favor a los árboles que, además de adelantar su florecimiento, no eran sensibles a las horas de luz. La competitividad haría que el periodo de floración se adelantase cada vez más, hasta que la cosecha que tiempo atrás aguardaba al invierno llegara a finales del verano y principios del otoño. Los granjeros no tendrían por qué saber, ni tampoco debía importarles, que el algodón ya no era sensible a la luz. Ni siquiera tendrían que tomar en consideración la escarcha. Les bastaría con favorecer las plantas que les proporcionaran una cosecha más temprana. Al hacerlo, desarrollarían poco a poco variedades de algodón que podrían florecer incluso en lugares como Kara Tepe. En aquellos climas del norte, las heladas seguirían destruyendo las plantas de algodón..., pero solo después de las cosechas. Sería preciso volver a plantar en primavera un nuevo cultivo. En vez de ser un montón de árboles en un huerto, el algodón que crecía en regiones más frías se convertiría en un cultivo anual distribuido en hileras.[8]

A excepción de esta última etapa, no sabemos con exactitud lo que sucedió. Pero sí sabemos que, para que el algodón crezca en el norte de Uzbekistán, de una manera u otra, los seres humanos, antes de nada, tuvieron que alterar su naturaleza. «La gente no iba a llevarlo allí y empezar a cultivarlo a menos que este cambio —este cambio biológico,

genético— del cultivo ya hubiera tenido lugar», explica Marston. «Dicho esto, no creo que hayamos descubierto la primera muestra de este nuevo cultivo genéticamente modificado». Como sucede con las telas de lino halladas en la cueva de Nahal Hemar, las semillas de algodón de Kara Tepe son indicios de una importantísima innovación que ya se había convertido en una práctica bien asentada.

Se convertiría en una práctica todavía mejor asentada en los siglos posteriores, a medida que el califato islámico extendiese el cultivo del algodón que adelantaba su floración junto a la nueva fe. El islam prometía las sedas del fiel en el paraíso, pero prohibía que las llevasen los musulmanes en este mundo. Vestir prendas de algodón se convirtió en una señal de devoción, y la demanda de algodón creció con cada nuevo converso. «El algodón blanco, sin adornos (o el lino en Egipto), señalaba una sincera adhesión al islam, e indicaba que quien llevaba esas prendas compartía la estética de los conquistadores árabes», escribe el historiador Richard Bulliet.

Tras la conquista musulmana, explica Bulliet, el cultivo y el comercio de algodón hicieron que la meseta iraní se convirtiera en «la región más productiva y culturalmente vigorosa del califato islámico». Al principios del siglo IX, los comerciantes musulmanes, que lo más probable es que fueran árabes transterrados de Yemen, comenzaron a fundar nuevas ciudades en lugares áridos como la provincia de Qom. Reclamaban las tierras bajo la ley islámica, y otorgaban la propiedad a cualquiera que lograra convertir un «terreno muerto» en tierra de cultivo. Para regar sus cultivos instalaron canales subterráneos, o *qanats.* Aunque su construcción era costosa, los *qanats* podían canalizar el agua durante todo el año desde las montañas de los alrededores, y eran muy adecuados para el cultivo del algodón, que tenía un precio más elevado que los granos básicos. «Al contrario que el trigo y la cebada, que solían darse en invierno —escribe Bulliet— «el algodón crecía en verano y necesitaba una época de crecimiento larga y cálida, además del riego continuado que podía proporcionar un *qanat*».

La expansión del algodón, en su mayoría exportado a Iraq, contribuyó, a su vez, al crecimiento del islam. La promesa de retribuciones económicas atrajo a los trabajadores a los nuevos

pueblos, donde adoptaban aquella fe emergente. Las conversiones daban a los terratenientes zoroástricos un dominio menor sobre la mano de obra de los migrantes, lo que dificultaba forzar a la gente a regresar a sus antiguos hogares. «De esta manera —observa Bulliet—, la industria del algodón contribuyó a la rápida expansión del islam en los distritos rurales próximos a centros árabes clave de guarnición y gobierno». En el curso de un siglo, los nuevos pueblos se habían desarrollado hasta convertirse en ciudades. Los mercaderes musulmanes, muchos de los cuales eran eruditos religiosos, se hicieron riquísimos.

Por todo el mundo musulmán se repitió lo que sucedió en Irán. El islam aumentaba la demanda de algodón, y los cultivadores musulmanes incrementaron sus suministros. «Ya en el siglo X —escriben Brite y Marston— era posible encontrar plantaciones de algodón en casi todas las regiones del mundo musulmán, desde Mesopotamia a Siria, pasando por Asia Menor, y desde Egipto al Magreb, pasando por España».[9] Cuando los españoles hallaron algodón en las Américas, sabían exactamente lo que era aquello.

Desde el sur de México a Ecuador, el algodón era uno de los tesoros del Nuevo Mundo. Los pueblos autóctonos usaban delicados tejidos de algodón como tributos, como bienes comerciales y como objetos ceremoniales. Las balsas que comerciaban a lo largo de la costa pacífica de América Latina eran impulsadas por velas de algodón. Se usaba guata para acolchar las prendas y las armaduras de cuero de los guerreros aztecas e incas. El algodón proporcionaba los cordeles para los quipus, en los que los incas guardaban sus registros codificados en nudos. Cuando los incas contendieron por primera vez con los españoles, sus tiendas de algodón abarcaban unos cinco kilómetros. «Se podían ver tantas tiendas que aquello nos infundió auténtico pavor —escribió un cronista español—. Nunca hubiéramos imaginado que los indios podrían mantener tan magnífica hacienda ni que tuvieran tantísimas tiendas».[10]

Hasta principios del siglo XIX, sin embargo, el cultivo del algodón en

las Américas se limitaba de forma fundamental a los trópicos. Un algodón suntuoso, de fibras largas, de las Sea Islands, variedad del *G. barbadense*, podía crecer en unas pocas áreas templadas de la costa de los Estados Unidos, pero los esfuerzos por cultivarlo en el resto del sur de los Estados Unidos resultaron frustrantes debido a las criminales heladas. Las dos variedades de algodón que conseguían florecer antes de que llegaran las heladas invernales tendían a enfermar, y costaba mucho recoger y limpiar sus pequeñas cápsulas. Los dueños de las plantaciones suspiraban por una variedad de algodón que se desarrollara en las fértiles tierras de la parte baja del valle del Misisipi, la frontera sudoeste de la reciente república.[11]

En 1806, Walter Burling la encontró en Ciudad de México.

Burling era la clase de aventurero amoral que da mala fama a los primeros capitalistas. En 1786, cuando apenas había rebasado la veintena, mató al padre de su joven sobrino —queda para el debate si su hermana se había casado— en un duelo. Seis días después, atraído por el dinero que generaba el tráfico de personas, formó una sociedad para introducirse en el negocio de la esclavitud en lo que hoy es Haití. Cuando la esclavizada población de la isla se levantó en 1791, dando comienzo a la Revolución haitiana, Burling recibió un disparo en el muslo y regresó a Boston. En 1798, embarcó en el primer viaje americano a Japón, y regresó dos años después con un cargamento que incluía reliquias japonesas y una bodega llena hasta los topes de café de Java.

Burling se casó con una mujer de Boston, luego se dirigió a la frontera y se estableció en Natchez, Misisipi, hacia 1803. En unos pocos años, se convirtió en el ayuda de campo de otro aventurero amoral: el general James Wilkinson, gobernador del territorio de Luisiana, compañero de Aaron Burr en un complot para fundar un país independiente en el sudoeste, y espía secreto de España. Fue Wilkinson quien envió a Burling a Ciudad de México. Su misión era entregar al virrey español una carta de Wilkinson exigiendo un pago de 122.000 dólares por frustrar los planes de Burr para invadir México y, ya puestos, hacer un mapa con las posibles rutas que permitieran la invasión al Gobierno de los Estados Unidos. Wilkinson era la clase de

sujeto que trabajaba para cualquiera de las partes, mientras le pagasen por ello.

Burling no llegó a recibir el dinero; España debió de pensar que ya había compensado con largueza a Wilkinson. Pero localizó una variedad de algodón que, supuso, podría florecer en Misisipi, y pasó de contrabando la semilla a los Estados Unidos. En la versión, seguramente apócrifa, de la historia que desde hace años se cuenta a los escolares de Misisipi, Burling pidió permiso al virrey para regresar con la semilla, a lo que se le respondió que aquel tipo de exportación era ilegal, pero «Mr. Burling podía llevar tantas muñecas como quisiera de regreso a su hogar, si así lo deseaba; se entendía que las muñecas estarían rellenas de semillas de algodón». Burling murió en 1810, sin dejar testamento, pero sí una montaña de deudas.[12] El hallazgo que hizo en México, no obstante, iba a cambiar la historia.

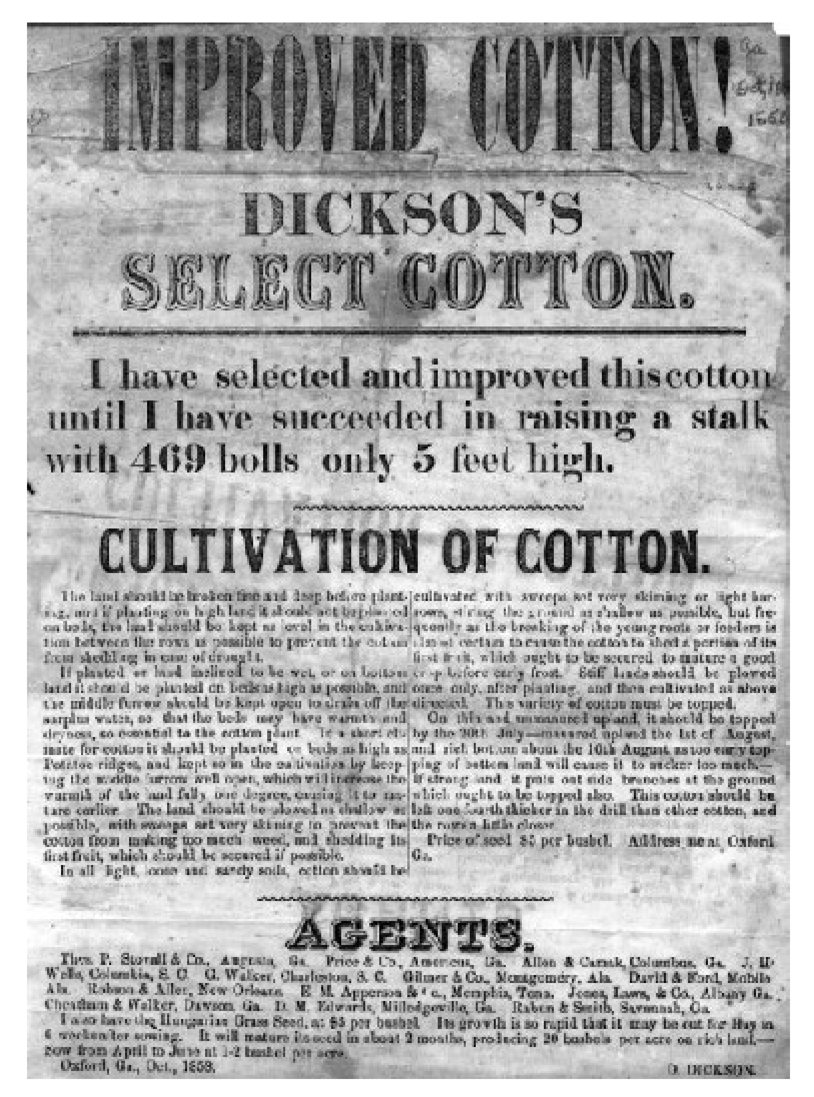
La nueva variedad de algodón demostró en verdad su idoneidad para la frontera del Misisipi. Maduraba pronto, evitando así el hielo. Las cápsulas aparecían todas más o menos al mismo tiempo, lo que brindaba una cosecha eficiente, y eran largas, y su apertura, más ancha, lo que las hacía mucho más fáciles de recoger. «A causa de esta cualidad inusual —escribe el historiador de la agricultura John Hebron Moore—, los recolectores podían recoger tres o cuatro veces más de la variedad mexicana en un día que del algodón más común», la «semilla verde de Georgia» que usaban con anterioridad. La proporción de fibra respecto a la semilla mejoraba de forma significativa, dando casi un tercio más de algodón utilizable tras su limpieza. Y el algodón mexicano era inmune a una enfermedad llamada «la seca», que amenazaba con barrer la producción de algodón de la zona. Hacia la década de 1820, los granjeros del valle del bajo Misisipi habían adoptado ampliamente la nueva variedad.

Los recolectores también la mejoraron, tanto por accidente como de manera deliberada. Al permitir una polinización cruzada sin control entre dicha variedad y la semilla verde de Georgia, crearon, sin advertirlo, un híbrido que preservaba buena parte de las ventajas de la variedad mexicana al tiempo que eliminaba su mayor inconveniente: la tendencia de las cápsulas a caer a tierra si no se cosechaban de inmediato. Los cultivadores de semillas trabajaron entonces con el

objetivo de perfeccionar sus reservas. A principios de la década de 1830, un nuevo híbrido originario de México, llamado *petit gulf*, dominó el valle del Misisipi y florecería en los suelos de arcilla roja del lejano Este.

El descubrimiento de Burling, afirma Moore, «mejoró el rendimiento y la calidad del algodón americano hasta tal punto que merece ocupar un lugar de honor junto a la desmotadora de Eli Whitney en el salón de la fama del viejo sur». Patentada en 1794, la invención de Whitney —así como un modelo inspirado en los dientes de sierra, menos aclamado pero más exitoso, realizado por Hodgen Holmes un par de años después— empleaba un rodillo y un cepillo para separar la semilla de algodón de las hilas, mecanizando lo que antes era un laborioso proceso y aumentando muchísimo el suministro potencial de algodón.[13]

Semillas óptimas en mano y con las nuevas tecnologías de desmotado para procesar el algodón y la floreciente demanda desde los molinos del norte de Inglaterra, la «fiebre del algodón» que había llevado a pioneros como Burling a la frontera no hizo sino intensificarse. «La demanda del algodón estadounidense creció más del 5 por ciento cada año hasta 1860, y el sur se reveló como una región ideal para cultivar algodón en la época anterior al regadío —escribe un historiador económico—. Se decía que el algodón procedente de las tierras altas de América no tenía parangón al "unir la fuerza de la fibra con la suavidad y la longitud de la fibra cortada"». Podía hacerse mucho dinero en la frontera del algodón. Desde 1810 a 1850, la población de Misisipi aumentó casi quince veces, de 40.352 habitantes a 606.526.[14]



Anuncio de semillas de algodón, 1858. Muchas publicaciones sobre agricultura de la década de 1850 llevaban anuncios con este mismo texto. (Biblioteca de la Universidad de Duke. Aparición de la publicidad en América: colección 1850-1920)

No todos los pioneros del valle del Misisipi eran ambiciosos hacendados que soñaban con hacerse ricos gracias al algodón. Casi la mitad —un millón de personas en el medio siglo que faltaba para la emancipación— era mano de obra esclava arrancada a la fuerza de sus familias, sus amigos y sus entornos cotidianos. Esta experiencia devastadora constituyó un segundo exilio, una revisitación en suelo americano del «Pasaje del Medio» desde África. Sus víctimas comparaban la experiencia al robo y el secuestro. «La robaron en Virginny y la trajeron a Misisipi y la vendieron a Marse Berry», contaba la esclava Jane Sutton, rememorando lo que decía su abuela.[15]

En algunos casos, los migrantes involuntarios eran ciudadanos libres secuestrados por los traficantes de esclavos, como fue el caso de Solomon Northup, cuyo libro de memorias, *Twelve years a slave* [«Doce años de esclavitud»], sirvió de inspiración para la película homónima ganadora de tres premios Óscar en 2013. Con mayor frecuencia se trataba de esclavos cuyos propietarios del este los vendían para liquidar sus deudas o tan solo por obtener un beneficio, debido a la demanda que había de mano de obra en el oeste. Los traficantes de esclavos amontonaban a aquellos infelices en barcos que despachaban a Nueva Orleans o los hacían marchar cientos de millas al oeste, encadenados unos a otros. Era muy común ver aquellas caravanas de esclavos por los caminos, a finales de verano o a principios de otoño, cuando el clima favorecía aquellas caminatas de dos meses.

Otros migrantes esclavizados llegaban del oeste con sus propietarios, a menudo tras verse obligados a dejar atrás esposas e hijos. «Mi querida hija, durante un tiempo tuve la esperanza de volver a verte una vez más en este mundo, pero ahora se me ha ido esa esperanza para siempre», escribió Phebe Brownrigg a su hija libre Amy Nixon, poco antes de que su propietario se la llevase de Carolina del Norte a Misisipi en 1835. Es una de las pocas cartas escritas por un esclavo enviado al oeste, de su puño y letra, y termina así: «Ojalá nos reunamos en torno al trono de nuestro Padre en el cielo, y no nos separemos más».

Los americanos podrían haberse asentado en la frontera y cultivado allí el algodón sin recurrir a los esclavos. Después de todo, tras la guerra civil y la emancipación, la producción de algodón experimentó una rápida recuperación y sobrepasó los niveles anteriores, con pequeñas granjas que proporcionaban una cantidad creciente de cosechas. Pero atraer a migrantes voluntarios a la dura prueba que suponía la vida en la frontera, al calor, la humedad y a las condiciones de la región, infestada de enfermedades, habría llevado un tiempo bastante más largo. Al obligar a la mano de obra esclava a desplazarse, los dueños de las plantaciones de algodón podían agilizar el cultivo de las nuevas tierras.

«Los dueños de las plantaciones y los traficantes de esclavos

importaban mano de obra esclava en un promedio superior a aquel en el que migraban los pioneros blancos —anota un historiador—. Hacia 1835, Misisipi tenía mayoría negra». Las tierras fértiles y la mejora de las semillas aceleraron la expansión de la esclavitud y la hicieron más rentable. En un país donde la mano de obra era el recurso más escaso, los pioneros que cultivaban algodón disponían de una población activa que no podía renunciar a su trabajo, y que incluso podía servir de garantía para financiar sus operaciones.[16]

En la imaginación popular, el sur prebélico es un lugar atrasado desde el punto de vista tecnológico, displicente y tradicional: la antítesis del ingenio yanqui. Hasta la desmotadora de algodón era obra de un inventor de Nueva Inglaterra. En realidad, el sur se nutría de sus propias ambiciones científicas y tecnológicas, y se centraba más en la agricultura que en la manufactura. Holmes, cuya desmotadora superaba al modelo de Whitney, basado en el rodillo, era de Savannah. Antes de que la cosechadora mecánica de Cyrus McCormick conquistase los campos de trigo de las regiones centrales, esta ya había nacido en una plantación de Virginia, con la ayuda de un esclavo llamado Jo Anderson.[17] La esclavitud era inhumana, pero no incompatible con la innovación.

Las imágenes que presentan el sur prebélico como estancado en un sentido tecnológico también confunden «tecnología» con maquinaria, oscureciendo otras formas no menos significativas, como son las semillas híbridas. Al contrario de lo que sucedía con sus equivalentes del norte, los dueños de las plantaciones del sur no centraban su atención en los artilugios que ahorraban mano de obra. Su interés se focalizaba en las innovaciones que sacasen más provecho de sus tierras y de su mano de obra esclavizada. Recompensaban a los comerciantes cuyas semillas garantizaban un mayor rendimiento.

«Ha habido una mejora más que evidente en el algodón en los últimos 20 o 30 años, y el mérito le corresponde por completo a la selección», escribió Martin W. Philips, un dueño de plantaciones de mentalidad científica de Misisipi, en 1847.[18] Gracias a las variedades mejoradas de las plantas, desde 1800 a 1860 la cantidad media de algodón recogida en los estados del sur pasó de los once kilos diarios por trabajador a casi cuatro veces más, hasta rondar los cuarenta y

cuatro kilos de peso. (Los mejores recolectores podían hacer mucho más, y otros, mucho menos).

La demanda de mejores variedades de algodón se concentraba en concreto en los nuevos estados que flanqueaban el Misisipi, así como las innovaciones. «La mayoría de las tecnologías se desarrollaban en el valle del Misisipi —escriben los historiadores económicos Alan Olmstead y Paul Rhode, que analizaron cientos de registros de cosechas para comprobar los efectos de las nuevas semillas— y estaban mejor adaptadas a las condiciones geoclimáticas del lugar que a las condiciones propias de buena parte de Georgia y las dos Carolinas, por no hablar de las condiciones de la India y África». A medida que los campos se hacían más productivos, el cultivo de algodón en el sur fue desplazándose con paso firme al oeste.[19]

De esta forma, el cultivo inteligente de algodón tuvo enormes ramificaciones históricas y humanas. El algodón mejorado incentivó el desplazamiento hacia el oeste, lo que suponía la migración forzosa de los trabajadores esclavos. También consolidó el papel económico de la esclavitud y profundizó en las divisiones entre el norte libre y el sur esclavista, divisiones que desembocarían a la larga en la guerra de Secesión. Incrementó el suministro de los molinos ingleses y de Nueva Inglaterra, fomentando el despegue industrial que elevaría los estándares de vida global hasta niveles históricos sin precedentes. Brindó a los productores de algodón estadounidenses una ventaja respecto a los granjeros de todas partes, en especial de la India y las Indias Occidentales.

Los cultivadores de algodón pensaban tan poco en esas consecuencias geopolíticas como incapaces eran de imaginar el *blues* y el *jazz*, las novelas de William Faulkner y Toni Morrison, o los vaqueros y las camisetas que a finales del siglo XX se convertirían en símbolo de la juventud y la libertad. Se limitaban simplemente a intentar que creciese un algodón más abundante y mejor. No obstante, los textiles nunca han seguido un camino distinto al de la humanidad. Para bien o para mal, se hallan entreverados al tejido de la civilización.

La *sericicultura,* la cría y recolección de gusanos de seda, es un arte ancestral. Se han encontrado proteínas de seda bajo los cuerpos enterrados en tumbas chinas de hace 8.500 años. La ubicación de las proteínas apunta a que el difunto fue enterrado con el tejido, quizá hecho de capullos silvestres. Con el tiempo, los cultivadores chinos convirtieron las orugas silvestres en la *Bombyx mori* domesticada, o gusano común de la seda. Los primeros tejidos de seda descubiertos hasta la fecha se remontan a hace unos 5.500 años, y parece que se emplearon para envolver un cuerpo antes de enterrarlo en un féretro con forma de crisálida de gusano de seda. En la época de la dinastía Shang (1600-1050 a. C.), la sericicultura estaba ya lo bastante bien implantada como para ser un tema común en la adivinación y en los sacrificios religiosos.[20]

Con el paso de los milenios, y a medida que la *Bombyx mori* se fue cultivando para fines humanos, el insecto terminó por depender de la protección del hombre. La mariposa adulta no puede volar —lo que facilita el mantenerla en cautividad—, y carece de los colores que le permitirían camuflarse y sobrevivir en la naturaleza. A fin de producir seda, los cultivadores alimentan a las orugas con hojas de morera, y crían a los insectos sobre unas bandejas que protegen del clima. A los gusanos en desarrollo también les proporcionan unos palitos para que puedan hacer sus capullos en ellos, y luego observan cuidadosamente el proceso de hibernación. «Desde el mismo día en que extendimos los huevos sobre los cartones —le contó una anciana que recogía hojas de morera a un viajero de la dinastía Song—, nos hemos ocupado de ellos como si fueran bebés recién nacidos».[21]

Justo antes de que salga la mariposa, termina su alimentación. Los granjeros de la seda recogen los capullos y los calientan para matar los insectos, para que las mariposas no puedan salir de allí ni dañar la seda. Solo a algunos insectos se les permite salir y reproducirse. Cada una de las etapas de este proceso exige precisión: la densidad justa de hojas y gusanos de seda, la temperatura justa, el tiempo justo. Las mejoras progresivas pueden marcar una gran diferencia.




Cría de gusanos de seda, de Yu zhi Geng zhi quan tu («Dibujos de labranza y tejido»), *publicado en 1696. (Colección de Libros Raros Chinos, Biblioteca del Congreso)*

Durante la dinastía Song (960-1279), aumentó la demanda de seda. Para poder pagar la ropa, los tributos que permitían mantener la paz con los reinos vecinos y un ejército en expansión, y mantener los gastos de la corte, el Gobierno sacó el dinero que necesitaba de la subida de los impuestos del hilo y la tela de seda. Los artesanos urbanos, entretanto, compraban mayores cantidades de seda para tejer telas suntuosas que vender a la floreciente burocracia. Al igual que los dueños de las plantaciones de algodón del sur de América, los campesinos buscaban la manera de obtener más seda en la misma cantidad de tierras y con idéntica mano de obra. Para tal fin, escribe la estudiosa de los textiles Angela Yu-Yun Sheng, «concibieron nuevas técnicas de producción que parecerían sencillas en retrospectiva, pero que, en realidad, eran muy ingeniosas. Aquellos nuevos métodos ahorraron tiempo y aumentaron la producción».

Los granjeros de la seda descubrieron cómo combinar los árboles de morera de dos regiones diferentes de China injertando una especie de singular frondosidad, llamada Lu, con un tronco más robusto conocido por el nombre de Jing. Desarrollaron también métodos de poda que aumentaban la producción de hojas. Estas dos mejoras dieron lugar a

un formidable suministro de alimento para los gusanos de seda. Así, los granjeros podían criar gusanos *polivoltinos,* esto es, que se reproducían varias veces al año. Por regla general solía haber dos o tres cosechas de gusanos de seda al año, pero algunas variedades muy apreciadas podían producir hasta ocho generaciones en un mismo año.

Como sucedía con el algodón, un cultivo ideal de gusanos de seda debía ser aquel que maduraba al mismo tiempo pero que no se echaba a perder antes de que llegara a ser procesado. Con esto en mente, los granjeros idearon trucos tecnológicos para espaciar y coordinar las cosechas. Aprendieron a regular la temperatura de los gusanos de seda a fin de controlar el momento en que se abrían los huevos. Extendían estos sobre gruesos cartoncillos e introducían unos diez de esos cartones en una vasija de arcilla, que sumergían en agua fría. De manera periódica sacaban los cartones de la vasija y los dejaban al sol para que se calentasen, antes de volver a sumergirlos. Además de retrasar el momento en que se abrían los huevos, el proceso tenía un efecto darwiniano. «Como solo podían sobrevivir los huevos de gusanos de seda más resistentes al frío y al viento —observa Sheng—, este método tenía la ventaja añadida de eliminar los huevos más débiles».

Una vez se abrían los huevos, los granjeros mantenían bien nutridos a los gusanos de seda con hojas de morera. Para madurar lo más deprisa posible, y así acelerar la cosecha de seda, los insectos necesitaban un entorno cálido. Se planteaba un dilema tecnológico a la hora de procurar calor, porque los combustibles disponibles tenían claras desventajas: el humo de la madera podía dañar a los gusanos de seda; y quemar estiércol, por otra parte, no era dañino, pero no producía mucho calor.

Una solución pasaba por utilizar un horno portátil que se calentaba quemando madera en su exterior, luego se cubría con cenizas o estiércol y se llevaba a la sala donde se encontraban los gusanos de seda. Otra posibilidad, preferida por quienes se dedicaban a la cría masiva de gusanos, consistía en cavar un agujero en medio de la sala, llenarlo con capas de madera seca y estiércol y hacer arder el montón una semana antes, aproximadamente, de que se abriesen los huevos. Se mantenía el fuego hasta un día antes más o menos de que salieran los

gusanos de seda. Llegado este punto, los cultivadores abrían la puerta lo justo para dejar salir el humo, y después cerraban para conservar el calor de la sala mientras los gusanos salían de los huevos y maduraban. Mediante estos dos métodos, escribe Sheng, «los campesinos del Song acortaban el tiempo de crecimiento de la crisálida durante la segunda etapa morfológica», cuando muda repetidas veces de piel antes de tejer el capullo, «de 34 o 35 días a 29 o 30, o incluso menos, 25».

Los cultivadores de gusanos de seda también descubrieron que en cuanto los capullos estaban listos para la cosecha se les podía conservar una semana más si se les echaba sal. Este invento permitió que se contara con más tiempo para el laborioso proceso de retirar la piel del capullo, lo que contribuía a que, con el mismo número de personas trabajando, se produjera más seda por cosecha. Como beneficio añadido, la sal mejoraba la calidad de la seda.

Por sí solas, ninguna de esas invenciones revestía la menor trascendencia, pero juntas sirvieron para que los granjeros produjeran una cantidad significativamente mayor de seda con la misma cantidad de tierra y mano de obra. El impulso a la productividad les permitió soportar una mayor carga impositiva, al tiempo que seguían sacando provecho de los nuevos mercados comerciales. Algunos campesinos abandonaron por completo la agricultura de subsistencia para concentrar sus fuerzas en la producción textil.[22] Como sucedía con el algodón en el Viejo Sur, la historia de la seda en la China de Song nos demuestra que las innovaciones tecnológicas no necesitan venir acompañadas de maquinaria.

La naturaleza comprende no solo los animales y plantas de los que los humanos pueden obtener fibras, sino también los enemigos que amenazan con destruirlos..., y ninguna amenaza es tan fácil de identificar como el conocido gorgojo de la cápsula del algodón del Sur. La microbiología, que revolucionó la capacidad humana para entender las enfermedades infecciosas y salvar la vida de millones de individuos, comenzó con el intento de salvar la producción de seda.

Hacia la época en que Walter Burling pasaba de contrabando

semillas del algodón mexicano a Misisipi, la curiosidad de un italiano llevó a la creación de una serie de experimentos cuyo objeto era averiguar por qué morían en tan gran cantidad los gusanos de seda. Agostino Bassi, hijo (gemelo) de unos campesinos, se formó como abogado y trabajó en varios cargos administrativos en Lodi, ciudad que se halla a unos treinta kilómetros al sur de Milán. Sus verdaderas pasiones, sin embargo, eran la ciencia y la medicina. Empleando la granja familiar como laboratorio, Bassi realizó diversos experimentos y publicó algunos tratados sobre la cría de ovejas, el cultivo de patatas, la curación de quesos y la fabricación de vino. Su investigación más importante —y la que más tiempo le llevó— se centró en los gusanos de seda.

A finales de 1807, cuanto contaba treinta y cuatro años, Bassi se embarcó en lo que terminaría siendo una treintena de años de experimentos para identificar y combatir las causas de una enfermedad conocida por los nombres de *mal del segno,* muscardina, o, en un guiño al polvillo blanco que cubría las orugas a las que mataba, *calco, calcino* o *calcinaccio.* Los gusanos de seda dejaban de comer, se quedaban flácidos y, por último, morían. Sus cuerpos, entonces, se volvían rígidos y quebradizos, y aparecían cubiertos por un manto blanco. Los criadores sospechaban que la enfermedad debía de causarla algo que se hallaba en el propio entorno de los insectos, y Bassi se propuso averiguar qué era.

Sus primeros ocho años de experimentos resultaron frustrantes y en apariencia, inútiles. Más tarde, Bassi escribió:

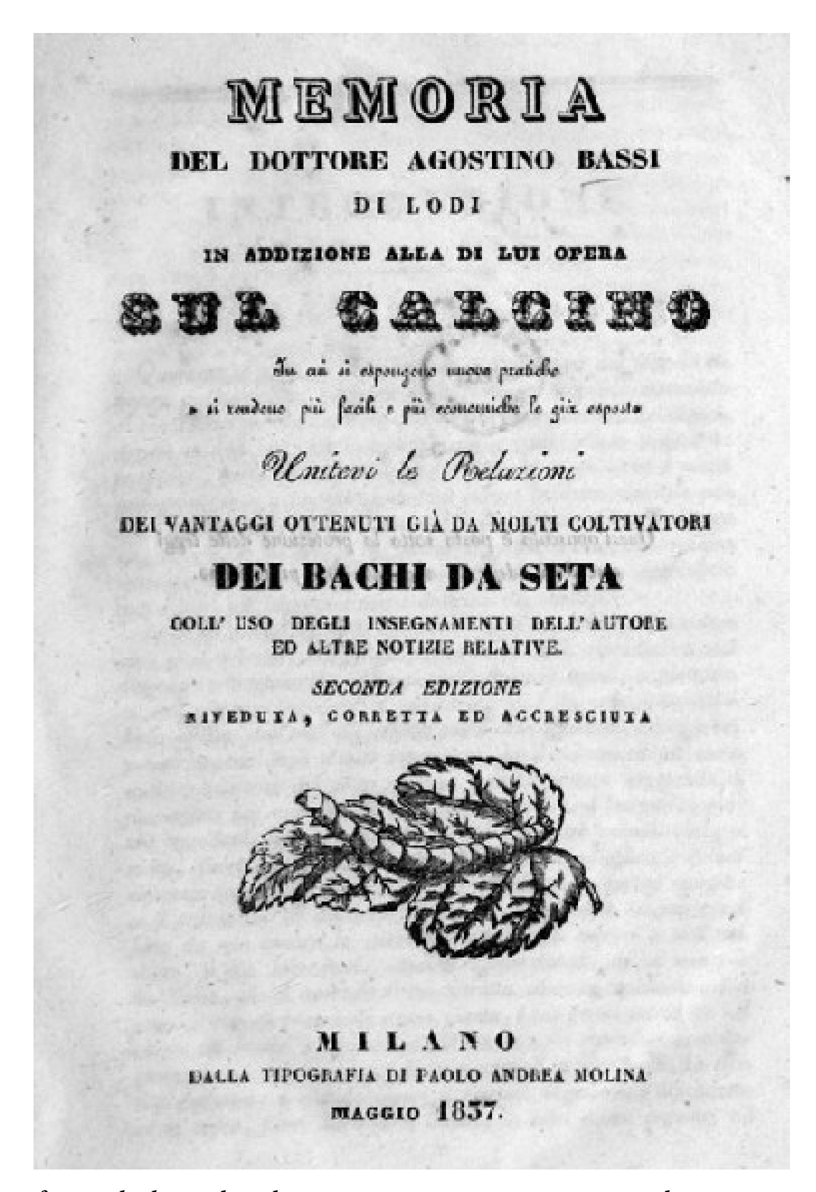
> He usado muchos métodos diferentes, sometiendo a los insectos a los tratamientos más crueles, empleando numerosos venenos, de tipo mineral, vegetal y animal. He probado compuestos y sustancias simples; irritantes, corrosivos y cáusticos; acídicos y alcalinos; terrosos y metálicos; sólidos, líquidos y gaseosos: las sustancias más dañinas conocidas por resultar letales a los organismos animales. Todo ha fallado. No había compuesto químico o plaga alguna que generase esta terrible enfermedad en los gusanos de seda.

En 1816, Bassi se sentía profundamente desanimado. Había derrochado un enorme esfuerzo y casi todo su dinero en unos estudios infructuosos. Estaba perdiendo la vista. «Oprimido por una gran melancolía», abandonó su investigación. Pese a ello, recuperó las

fuerzas un año después, resuelto a «desafiar al infortunio, decidido a interrogar a la naturaleza de nuevas maneras, con el firme empeño de no abandonar nunca más hasta que respondiese sinceramente a mis preguntas».

Bassi recibió una pista importantísima al observar que los gusanos de seda criados en las mismas condiciones y alimentados por la misma comida, pero alojados en habitaciones contiguas, producían distintos resultados. La enfermedad podía barrer una habitación mientras que la habitación de al lado sufría poco o ningún daño. La diferencia, concluyó Bassi, era que «no estaba presente el germen del *calcino,* o lo estaba en muy poca cantidad, en una habitación, y en un gran número en otra. El *mal del segno,* o muscardina, nunca aparece de manera espontánea» como reacción a una toxina, que era lo que todo el mundo había creído hasta entonces.

Tras realizar más experimentos, Bassi comprendió que los insectos vivos no se infectaban entre sí. Más bien, la enfermedad la transmitía el manto blanco que aparecía en los cadáveres. Al ser introducido en el cuerpo de un insecto vivo, ya fuera oruga, crisálida o mariposa, el polvillo se multiplicaba en el interior, alimentándose del cuerpo del insecto hasta que acababa matándolo. Solo entonces comenzaba la propagación. «Si bien necesita la vida del insecto invadido para desarrollarse, crecer y hacer posible su reproducción —escribió Bassi —, no genera frutos ni semillas, o estos, al menos, no maduran o no están fertilizados, hasta que la enfermedad ha aniquilado al animal que la recibió y la alimentó... Solo el cadáver tiene la capacidad de contaminar». Concluyó que el invasor era un hongo y que la sustancia blanca eran sus esporas.



MEMORIA
DEL DOTTORE AGOSTINO BASSI
DI LODI
IN ADDIZIONE ALLA DI LUI OPERA
SUL CALCINO
In cui si espongono nuove pratiche
e si rendono più facili e più economiche le già esposte
Unitevi le Relazioni
DEI VANTAGGI OTTENUTI GIÀ DA MOLTI COLTIVATORI
DEI BACHI DA SETA
COLL' USO DEGLI INSEGNAMENTI DELL' AUTORE
ED ALTRE NOTIZIE RELATIVE.
SECONDA EDIZIONE
RIVEDUTA, CORRETTA ED ACCRESCIUTA

MILANO
DALLA TIPOGRAFIA DI PAOLO ANDREA MOLINA
MAGGIO 1837.

La teoría de la enfermedad producida por gérmenes comenzó con la investigación emprendida por Agostino Bassi del misterioso mal del calcino, *que mataba a los gusanos de seda. (Wellcome Collection)*

Al depositar el insecto muerto en un entorno húmedo y cálido, Bassi descubrió que podía cultivar los hongos el tiempo suficiente para detectar indicios de tallos a simple vista. Haciendo uso de un sencillo microscopio, consiguió ver las curvas que apuntaban a que el invasor era un organismo vivo y no un cristal. Con el nuevo y potente microscopio compuesto inventado por Giovanni Battista Amici en 1824, Bassi escribió que se podían ver «las más pequeñas ramificaciones y, quizá, hasta su aparato reproductor».

Una vez hallado el culpable, Bassi probó distintas maneras de matar los hongos sin dañar a los gusanos de seda, y logró identificar algunos desinfectantes eficaces. Para contener la pestilencia aconsejó diversas medidas sanitarias; entre ellas, tratar los huevos de gusanos de seda con soluciones desinfectantes; hervir los instrumentos; desinfectar las bandejas, las mesas y la ropa de los trabajadores; y exigía que todos aquellos que se ocupaban de los gusanos de seda se lavasen las manos con desinfectante.

Como indican estas medidas cuasi hospitalarias, el descubrimiento de Bassi fue un gran avance, un avance cuyas implicaciones trascendieron la sericicultura. Su investigación se adelantó a la labor mucho más conocida de Louis Pasteur y Robert Koch, que desarrollaron la teoría de la enfermedad por gérmenes. Aquel abogado de provincias fue un científico adelantado a su tiempo.

«Por primera vez, el hombre formulaba la teoría de la enfermedad parasitaria», declara un artículo de una revista que celebraba el bicentenario del nacimiento de Bassi. La referencia estándar *Disinfection, sterilization, and preservation* [«Desinfección, esterilización y conservación»] califica los experimentos de Bassi como «la primera demostración sin paliativos del origen microbiano de las enfermedades de la vida animal», y subrayaba que Bassi extendió su labor a «una teoría del contagio originada en parásitos vivos en las heridas infectadas, en la gangrena, en el cólera, en la sífilis, en la peste, en el tifus y similares. Bassi sugirió el empleo de germicidas, mencionando el alcohol, los ácidos, los alcaloides, la clorina y el sulfuro».[23]

Nueve años después de la muerte de Bassi, acaecida en 1856, Pasteur, que recibía generosos fondos y era un relaciones públicas más hábil que su predecesor italiano, llevó a cabo un desafío científico similar. El Gobierno francés encargó a aquel célebre caballero que investigase una nueva enfermedad, todavía más devastadora, del gusano de seda llamada pebrina. Cuando empezó, Pasteur no sabía nada sobre gusanos de seda, y de hecho no había trabajado en ninguna enfermedad animal. Sus investigaciones anteriores se habían limitado a la fermentación y la levadura. No obstante, tenía una confianza extraordinaria y aprendía

muy rápido. Entre las fuentes que tuvo a su disposición se contaban varias traducciones al francés de la obra de Bassi.

Durante cinco años de experimentos, Pasteur desarrolló la manera de separar los huevos de los gusanos de seda infectados de aquellos que producirían orugas libres de pebrina. También identificó otra enfermedad, a veces coincidente, llamada flacidez, junto con las medidas necesarias para evitar su expansión. Los experimentos con gusanos de seda le abrieron el camino a la biología animal, lo que alteró el curso de su carrera científica. «La oruga de Alès llevó a Pasteur de la microbiología a la ciencia veterinaria, y de ahí a la medicina», escribe su biógrafo Patrice Debré, inmunólogo. El camino de las vacunas de Pasteur contra el ántrax y la rabia, y, a la larga, sus grandes triunfos para la salud pública al aumentarse con ello de modo radical la esperanza de vida, comenzaron con la seda.[24]

Pasteur no curó la pebrina. Se limitó a encontrar la manera de identificar y destruir los huevos infectados, aplacando así la plaga, pero sin llegar a erradicarla. A principios de la década de 1860, la producción francesa de seda era una quinta parte de lo que había sido una década antes. La producción italiana había caído a la mitad.

Para conseguir huevos no infectados, la industria de la seda europea recurriría cada vez más a Asia, en especial a Japón, que acababa de abrirse al mundo. En los mercados europeos, los huevos de gusanos de seda japoneses se vendían a diez veces el precio que en el pasado costaban los huevos franceses. Como regalo diplomático, el sogunato Tokugawa entregó a Napoleón III quince mil cartones de huevos de gusanos de seda. Aunque China seguía siendo el principal exportador de seda pura, Japón superó a su vecino como el más importante proveedor de huevos para Europa.[25]

Al igual que sus pares europeos, los sericicultores japoneses tenían sus raíces en China, y habían experimentado un gran crecimiento a comienzos del siglo XVII. Puesto que el sogunato restringía las importaciones chinas, con el fin de expandir el mercado interior, los cultivadores de la seda comenzaron a especializarse tanto en la cría de

huevos como en el cuidado de los gusanos de seda. A través de la experimentación, y de una meticulosa atención, poco a poco mejoraron las técnicas, lo que contribuyó a estimular la calidad y la producción. Por ejemplo, para alimentar a los gusanos de seda en proceso de crecimiento, los sericicultores japoneses seguían la práctica china de cortar las hojas de la morera. Pero no se detuvieron ahí. Además, pasaban las hojas por cribas cada vez más finas y reservaban los pedazos más pequeños para los gusanos más jóvenes, mientras que los trozos más grandes se los daban a los insectos más viejos, al tiempo que se deshacían de los detritos.

«Casi se dedicaba la misma puntillosa atención a cada uno de los aspectos del bienestar de los gusanos de seda —escribe la historiadora Tessa Morris-Suzuki—. Las bandejas con los gusanos de seda eran cambiadas con frecuencia de una parte de la casa a otra para protegerlas del calor o del frío, y la cantidad de comida que se les proporcionaba a los gusanos variaba según los cambios de temperatura. Se lavaban las bandejas y los utensilios con regularidad, y se dejaban al sol; también se aplicaron reglas muy estrictas para la higiene personal de los trabajadores de la seda».

A principios del siglo XIX, un cultivador de seda llamado Nakamura Zen'emon comenzó a fabricar sus propios termómetros, siguiendo el modelo de las importaciones holandesas, y los empleó en la experimentación. Descubrió que algunas etapas, como la de la producción de huevos, requerían temperaturas un poco más altas, mientras que otras precisaban de inferiores temperaturas. En 1849, Nakamura publicó un manual ilustrado con sus resultados para cultivadores de la seda, que se difundió por todo Japón.

Los gusanos de seda japoneses no eran inmunes a la pebrina, la muscardina y demás enfermedades. (Pasteur identificó la pebrina en algunos de los huevos que le entregaron a Napoleón III). Pero las buenas medidas sirvieron para evitar la expansión, al menos en parte. Los trabajadores de la seda solo usaban hojas de moreras sanas, no amontonaban demasiados gusanos en las bandejas y retiraban cualquier oruga que pareciese enferma. Con frecuencia se lavaban las manos y se cambiaban de ropa, prácticas que Bassi hubiera aplaudido.

Para conservar la calidad de los gusanos de seda, los sericicultores japoneses les compraban los huevos a especialistas en lugar de confiarse a sus propias mariposas. Los criadores de huevos se enriquecían con el desarrollo de nuevos insectos híbridos, apuntando a la mejora en la calidad y la cantidad de la seda y a la producción de características específicas para usos específicos. El resultado combinado de unas mejores variedades de gusanos de seda y unas técnicas de cría más cuidadosas supuso un enorme salto en la productividad.

A comienzos del siglo XIX, se tardaban cuarenta días entre el momento en que los gusanos de seda salían de los huevos y aquel en que fabricaban sus capullos, comparados con los cincuenta días de un siglo antes. La cantidad de seda por capullo subió en más de un tercio... y subió otro 40 por ciento en la primera mitad del siglo XIX. En la década de 1840, las prácticas de sericicultura japonesas habían llamado la atención de Europa, y en 1848 se publicó la traducción al francés de un manual ilustrado de sericicultura. El libro, observa Morris-Suzuki, «se convirtió no solo en la primera tecnología exportada por Japón a Occidente, sino también en una de las primeras obras japonesas de cualquier género traducidas a un idioma europeo».

El comodoro estadounidense Matthew Perry y sus célebres «navíos negros» desembarcaron en el puerto de Edo en 1854, lo que forzó a Japón a abrir el comercio con los Estados Unidos y, a la larga, con otras naciones de Occidente. Los sericicultores de Japón estaban listos para el mercado mundial. Los dos siglos anteriores habían sido testigos de una floreciente industria con valiosos productos para la exportación. La seda pura y los huevos de gusanos de seda favorecieron la llegada de un dinero que podía invertirse en aquellas cosas de las que Japón carecía, como fábricas y el ferrocarril.

No menos importante era la creación, por parte de los sericicultores, de una cultura japonesa resuelta a sacar el mayor partido del conocimiento extranjero, y, gracias a este, desarrollar el suyo. «Lo más relevante de todo esto no es, no solo, que la producción japonesa de seda pura se expandiera y su calidad mejorara en el periodo Tokugawa —escribe Morris-Suzuki—, sino que muchos cultivadores de seda

desarrollaran una predisposición hacia su trabajo que reconocía la necesidad de experimentar, de promover un cambio tecnológico, e incluso de incorporar planteamientos occidentales, como el del termómetro, al proceso de producción».[26]

Con la Restauración Meiji de 1868, Japón emprendió una política oficial de modernización, bajo la promesa de que «el conocimiento debería buscarse a lo largo y ancho del mundo». Un equipo japonés, enviado durante un mes a estudiar en un moderno instituto de sericicultura del norte de Italia, regresó a su país con herramientas que incluían microscopios de vanguardia e higrómetros para medir la humedad. En 1872, el Gobierno patrocinó la primera fábrica de hilado de seda, para lo cual importó maquinaria francesa; a eso siguieron varias iniciativas privadas. A mediados de la década de 1890, el hilado a mano ascendía tan solo a menos de la mitad de la producción de seda pura de todo el país.

Las variedades de seda regional, tan adecuadas al mercado del Japón de Tokugawa, en el que las características del tejido representaban delicados matices de moda, identidad y posición social, constituyeron un problema para la producción industrial. Las fábricas japonesas de hilado de seda «llevaban mucho tiempo afirmando que la producción de tantos tipos de capullos distintos era la causa principal, y la más importante, de la irregular calidad de la seda pura», escribe un historiador económico.

Eso cambió en la década de 1910, cuando los científicos japoneses unieron la larga tradición sericicultora del país con la genética de Mendel para desarrollar un híbrido de gusano de seda de gran productividad. Sus capullos tenían tal superioridad, sobre todo para el hilado a máquina, que el nuevo tipo de gusano acabó extendiéndose por todo el país. Al establecerse un estándar *de facto*, aquel híbrido hizo más consistente la seda japonesa. Al mismo tiempo, los nuevos y precisos métodos para el control de la temperatura durante el hilado dieron lugar a hebras de mayor calidad.

La seda pura japonesa proporcionó el suministro perfecto a las factorías estadounidenses de la seda. Fundada por inmigrantes ingleses en los estados del Atlántico Medio de Nueva York, Pensilvania y Nueva Jersey (donde Paterson llegó a ser conocida como la «Ciudad de

la Seda»), la producción estadounidense de seda era muy diferente de la versión europea. Dependía de los telares de alto rendimiento, que daban enormes cantidades de tejido estandarizado y barato: un lujo igualitario para un mercado continental. Al contrario de lo que sucedía en el caso de los tejedores manuales de Francia e Italia, las fábricas americanas no tenían una sericicultura autóctona a la que recurrir, y la seda china era demasiado irregular para los telares automatizados de alta velocidad. La nueva variedad japonesa era perfecta. El negocio de la seda japonesa y norteamericana creció a la par, y cada una dependía de la otra. A principios del siglo XX, aquel par de recién llegados dominaría los mercados mundiales.[27]

En el año 2009, casi dos siglos exactos después de que Bassi iniciara el camino para descubrir qué era lo que estaba matando a los gusanos de seda italianos, tres jóvenes científicos del área de la bahía de San Francisco crearon una compañía que daría un vuelco a la relación entre la seda y los microorganismos, y, por añadidura, daría al hombre un mayor control sobre las propiedades de la fibra. Más que proteger a los gusanos de seda de diminutos predadores, la empresa Bolt Threads convierte los microorganismos en máquinas para la producción de seda. Fundada por algunos de los principales fondos de capital riesgo de Silicon Valley, la compañía fabrica una levadura mediante bioingeniería para que, en lugar de alcohol, las células excreten proteínas de seda. La investigación de la fermentación con la que Pasteur comenzó su carrera ha regresado a la seda de una forma que ningún científico del siglo XIX podría haber anticipado.

Mientras recorremos los laboratorios de Bolt, David Breslauer, el director científico de la compañía, coge un frasquito de una vitrina y extrae un poco de proteína en polvo color hueso. El polvillo parece ideal para espolvorearlo sobre un pastel. Pero esto no es lo que se llama comida sana. Compuesto por la proteína descubierta en la dragalina de la seda de araña, un hilo extrafuerte, dicho polvillo es el ingrediente principal presente en la primera fibra totalmente nueva que se ha producido en décadas. En este frasco, dice la directora comercial Sue

Levin, «hay más proteína de seda en polvo de la que jamás se haya visto a la vez en un mismo lugar». Para convertir el polvo en hilo, Bolt lo disuelve en un mejunje similar a la melaza, que el propio polvo extrude e hila en húmedo hasta obtener unas delicadas y lustrosas fibras con las que se puede tejer y confeccionar telas.[28]

Bolt se define como una compañía de materiales cuya base es la biología; también fabrica un sustituto del cuero llamado Mylo, de *mycelium* («micelio»), las células que forman los champiñones. A su vez, elabora un preparado que recibe el nombre de Microsilk y que sirve de cimiento para algo que va más allá de la seda de la araña: la primera clase de textiles completamente nueva desarrollada desde 1935, cuando el químico de la empresa estadounidense DuPont Wallace Carothers inventó el nailon y dio paso a la revolución del polímero. A sus productos textiles, Bolt los llama «microfibras proteínopolímeras».

Las fibras de proteína no son una idea del todo novedosa. Inspirados por el éxito del rayón, que procede de la pulpa de madera regenerada, los científicos de la década de 1930 centraron su atención en las proteínas. Henry Ford apoyó la investigación de las fibras derivadas de la soja, esperando encontrar un sustituto de la lana que se empleaba en la tapicería automovilística. La Imperial Chemical Industries, en Inglaterra, desarrolló el Ardil a partir de cacahuetes. Otros experimentaron con clara de huevo, con la zeína, una proteína del maíz, y con plumas.

Entre las nuevas proteínas de fibra, la que más éxito obtuvo fue el lanital, una invención italiana derivada de la leche descremada. Subvencionada por el Gobierno fascista para alentar la autosuficiencia del país, la SNIA Viscosa, uno de los principales productores de rayón, produjo en 1937 unos cinco millones de kilos de lanital. Su versión americana, según se jactaban sus productores, fue «el primer esfuerzo exitoso llevado a cabo por el hombre para crear un tipo de fibra que pudiera equipararse a fibras proteínicas naturales como la lana, el mohair, la alpaca, el pelo de camello y las pieles animales». Los materiales derivados de la leche —suaves, cálidos y difíciles de encoger— se antojaban un buen sustituto de la lana. Sin embargo, presentaban claros inconvenientes. La gente pensaba que olían a queso o a leche

derramada cuando se mojaban. Y no aguantaban bien. Un costurero italiano recordaba que su hermana llamaba al lanital «la fábrica de *mozzarella*, porque cuando lo planchabas perdía montones de hilos parecidos a los del queso, aunque en pequeño». Tras la guerra, la gente volvió a usar lana o a comprar sintéticos como el poliéster, el nailon y el acrílico.[29]

Son estos polímeros derivados del petróleo los que Bolt pretende sustituir. Cambiaron el mundo con apenas un centenar de posibles combinaciones, observa el CEO Dan Widmaier. Los polímeros basados en proteínas ofrecen muchas más posibilidades. «Toda funcionalidad de cada uno de los organismos vivos del planeta se sustenta en la creación de polímeros de proteínas», dice. Los biólogos moleculares entienden la forma en que una secuencia de ADN se convierte en una estructura, de manera que —afirma— «si podemos hacer seda de araña del tipo de la dragalina, de la misma forma en que uno hace esa proteína y además a gran escala, es posible hacer casi cualquier proteína estructural. Si echo números para saber de qué cifra estamos hablando, el resultado gira en torno a 10106 polímeros».



En la década de 1930 se inventaron fascinantes fibras nuevas, como el rayón y el lanital, hechos de leche desnatada y subvencionados por el Gobierno fascista de Italia para reducir las importaciones de lana. (El sniafiocco *era el ingrediente base del rayón). (Colección de la autora)*

Eligiendo la secuencia de aminoácidos adecuada, Bolt podría dotar a las fibras de propiedades específicas. La compañía prevé un despliegue casi inagotable de nuevos materiales, cada cual orientado a necesidades concretas: elasticidad, fuerza, finura, resistencia a los rayos ultravioleta, transpiración, resistencia al agua…; lo que sea. Camisas de trabajo transpirables que nunca huelan mal. Cojines blancos de sofá que repelan el vino tinto. Sábanas de hospital que eliminen los microbios infecciosos. Tejidos tan flexibles que se sientan, de manera literal, como una segunda piel. Sudaderas hechas con materiales tan suaves como la cachemira, pero sin esas escamitas microscópicas que

producen urticaria a una piel tan hipersensible como la mía..., o sin que Mongolia se convierta en un páramo por el apetito de los rebaños de cabras. Todo ello producido con ingredientes que no dañen el medio ambiente y que se degraden de forma natural al tirarlos a la basura.

Si el empeño da sus frutos, ya no será necesario que la seda provenga de los insectos. Podrá prepararse en gigantescas cubas de fermentación, como la cerveza. Y el proceso tiene repercusiones más allá de la seda. También la lana es un polímero proteínico. También lo es la cachemira. Y tantas y tantas otras fibras que apenas podemos imaginar. Y las proteínas, como sucede con los polímeros petroquímicos, también pueden formar sólidos o geles. En una ocasión, Bolt experimentó con botones sólidos de seda para demostrar que, al menos sobre el papel, podían fabricar una prenda entera de seda.

Solo de pensar en ello da vértigo. Pero, de momento, los únicos productos de Microsilk son proezas excepcionales. En 2017, Bolt vendió una serie limitada de corbatas y gorras hechas con una mezcla de seda y lana. Emocionada por la idea de una seda vegana, la diseñadora de moda Stella McCartney incorporó la fibra de Bolt a algunas prendas de pasarela y a un flamante vestido amarillo para una exposición en el Museo de Arte Moderno de Nueva York (MoMA). Dos años más tarde volvió a utilizar Microsilk, mezclado con una fibra basada en la celulosa llamada Tencel, en un vestido de tenis confeccionado para una muestra. Los diseñadores de lencería inglesa Strumpet & Pink tejieron un pantalón casi etéreo para otra muestra de la Escuela de Diseño de Rhode Island. Y los diseñadores de Bolt crearon la montura de unas gafas de proteína de seda sólida con cordón de Microsilk, que mostraron en una conferencia sobre biofabricación. «Era un pequeño condensado de todos esos fascinantes biomateriales», dice Widmaier.

Pero eso es todo: fabulosas pruebas de concepto, no tejidos realizados en cantidades suficientes que permitan a los diseñadores hacer uso de ellos en sus productos y ponerlos a la venta. Microsilk no se vende en tiendas, ni es probable que lo haga en un futuro próximo.

En 2019, cuatro años después de mi primera visita, la compañía había desarrollado una cadena de producción/distribución que, según sus palabras, podría producir toneladas de material. Pero la compañía

no ha aumentado la producción, y centra su atención, en cambio, en Mylo. Los clientes potenciales están más interesados en un sustituto del cuero que en una microfibra de proteínas. Cuando uno sigue la pista del dinero, dice Widmaier, «se encuentra accesorios hechos de cuero y cuero vegano». Bolt es un negocio, no una institución benéfica. Puede que el cuero sea un mercado mucho más pequeño que el de los textiles, pero ofrece márgenes de beneficio mucho mayores y hay menos competencia.



Detalle del vestido de Stella McCartney hecho a partir de Microsilk, un producto de bioingeniería de Bolt Threads, que fue presentado en una exposición del MoMA de Nueva York. (Bolt Threads)

Cada nueva fibra ideada termina confrontándose con la verdad fundamental que pesa sobre los textiles: antiguos y omnipresentes, encarnan los experimentos de incontables generaciones. Durante decenas de miles de años, el hombre no ha dejado de perfeccionar las fibras. Hasta los materiales sintéticos han tenido que pasar por ochenta años de intenso refinamiento. Entre tanta rivalidad, solo los mejores materiales logran subsistir. Muchos, desde la pita a la ortiga, pasando por el lanital y el Ardil, han terminado, casi, por desaparecer. Antiguos pilares como la lana y el cáñamo ocupan hoy nichos de mercado especializados.

Aprovechando al máximo un conocimiento científico y unas herramientas tecnológicas que hasta hace poco no existían, Bolt cree que puede lograr lo imposible. Apuesta por dos factores: las crecientes preocupaciones medioambientales y todas esas posibilidades funcionales. El perfeccionamiento de las proteínas permitirá a sus científicos sustituir, en cuestión de días, miles de años de cultivo de fibras. «Hemos descubierto que podemos generar ideas y demos más rápido de lo que antes podíamos haber logrado ponerlas a punto», dice Widmaier. El truco, entonces, pasa por identificar las fórmulas de mayor potencial comercial. Ni naturales ni sintéticas, las fibras proteíno-polímeras, creadas por medio de bioingeniería, podrían ser la siguiente etapa del proceso que comenzó con la cría selectiva.[30]

Capítulo dos

HILO

Cuando Eva hilaba y Adán hacía agujeros, ¿quién era el caballero?

Dicho inglés

En la planta baja del Rijksmuseum de Ámsterdam, dos plantas por debajo de los Rembrandt y los Vermeer, cuelgan un par de pinturas del siglo XVI que prefiguran la riqueza que financiaría el florecimiento artístico de Holanda. Esas dos inseparables pinturas representan a una joven pareja, posiblemente Pieter Bicker y su esposa, Anna Codde. Pintadas en 1529 por Maarten van Heemskerck, se cuentan entre los primeros retratos de ciudadanos holandeses.

Salta a la vista, puesto que posan en un elegante tres cuartos en lugar del anticuado perfil, que se trata de individuos concretos, no de tipos genéricos. Anna, una rubia pálida con ojos soñadores y una ligerísima arruga en la frente, complementa a su marido, un caballero de cabello oscuro, expresión atenta y pómulos bien cincelados.

Son ellos, Anna y Pieter, dos personas históricas y reales. Se nos muestran con las herramientas de sus oficios, y, sin embargo, también podrían servir como alegorías. Ella está sentada ante una rueca; con la mano izquierda saca el hilo, que se alarga hacia el huso desde una masa de fibra. Él sujeta un libro de contabilidad con la mano izquierda y cuenta monedas con la derecha. La posición de cada una de las manos del hombre es como un espejo de cada una de las manos de la mujer, y viceversa: una mano de ella aprieta el mango de una rueca; y, la otra, la mano de él, una moneda. Una mano de la mujer sostiene un hilo entre el pulgar y tres dedos; y la del hombre sujeta un libro de contabilidad de idéntica forma. He aquí las labores esenciales de la prosperidad holandesa: Industria y Comercio personificados.[1]




Retratos de una pareja, posiblemente Anna Code y Pieter Gerritzs Bicker, por Maarten van Heemskerck, 1529. (Rijksmuseum)

Hoy asociamos la palabra «industria» con enormes chimeneas. Sin embargo, hasta el siglo XIX las chimeneas no se convirtieron en su emblema. Del Renacimiento en adelante, la representación visual de la industria era una mujer tejiendo hilo: diligente, productiva y cien por cien esencial.

En la actualidad, los críticos tienden a subrayar la domesticidad y subordinación implícitas en las imágenes de aquella época en las que aparecen mujeres tejiendo. «Mientras que a Pieter Bicker se le caracteriza como un hombre de negocios enérgico y perspicaz, su esposa aparece representada tejiendo, símbolo, de nuevo, de la virtuosa ama de casa», observa una historiadora del arte.[2] Esta visión retrata a la mujer que teje como un ser pasivo, dependiente desde un punto de vista económico, y culturalmente inferior; un claro contraste respecto al comerciante público, independiente y masculino. Concibe la casa de contabilidad como una empresa de verdad e importante, al tiempo que identifica la rueca con la mera iconografía, un objeto que simboliza a la «virtuosa ama de casa», de la misma manera que las llaves representarían a san Pedro.

De hecho, la rueca de Van Heemskerck es tan realista —y económicamente tan indispensable— como su libro de contabilidad. «Ningún retrato podría mostrar con mayor claridad el hilado de fibras largas a una sola mano», escribe Patricia Baines en su respetado estudio de 1977 *Spinning wheels, spinners and spinning* [«Ruecas, hilado e hilanderas»]. «Pulgar e índice van tomando los hilos, y hay que mantener una presión en la hebra entre el tercer dedo y el orificio», esto es, la abertura que deja pasar el hilo recién formado a la bobina. «Se puede ver que el pulgar está perfectamente colocado para deslizarse sobre el dedo índice, y que la muñeca está girada, y que se está alisando la hebra antes de elegir algunas fibras más».[3] Anna no se limita a hacer la pose. Sabe muy bien cómo hilar.

Reducir la hilatura a un símbolo de sumisión doméstica y no verla como una industria productiva es pasar por alto el motivo por el cual desde la Antigüedad era considerada un signo de virtud femenina, o por qué, ya puestos, la Revolución Industrial comenzó con los telares mecánicos. El mero hecho de que el hilo abundara ya desde hacía dos mil años hace que fabricarlo parezca cualquier cosa menos el epítome del trabajo productivo. Durante buena parte de la historia humana, producir hilo suficiente para fabricar telas demandaba tanto tiempo que esa materia prima esencial siempre escaseaba. La búsqueda del hilo impulsó algunas de las innovaciones mecánicas más importantes del mundo, y al final derivó en el Gran Enriquecimiento que elevó el nivel de vida de todo el planeta. La historia del hilo explica cómo, pese a sus altibajos, las tecnologías que ahorran trabajo pueden crear abundancia y desahogar a la gente para que tenga más tiempo de llevar a cabo objetivos económicamente más valiosos y más satisfactorios en el plano personal.

Una *fusayola* no parece gran cosa. Es un pequeño cono, disco o esfera hecho de un material duro, como la piedra, el barro o la madera, con un agujero en el centro. Suele ocurrir que los museos posean miles, pero exhiban solo unas cuantas al público. Incluso ese reducido número, escogido por su pintura o sus grabados decorativos, es fácil

pasarlo por alto, y apreciar, en cambio, las llamativas urnas, los cuencos y las estatuillas cercanas. «Las fusayolas no son los objetos más espectaculares hallados por los arqueólogos», admite una investigadora.[4] Sin embargo, constituyen unas de las primeras tecnologías, y unas de las más relevantes, de la humanidad. Se trata de una herramienta sencilla, tan esencial como la agricultura, que permite obtener de pequeñas cantidades de hebras enormes masas de hilo para la confección de telas.



Fusayolas. De izquierda a derecha y de arriba abajo: cerámica sumeria, 2900-2600 a. C.; ágata minoica, 2450-2200 a. C.; terracota chipriota, 1900-1725 a. C.; vidrio romano de entre los siglos I y II; cerámica con pigmentos del Perú, probablemente de la costa norte, 1-500; cerámica mexicana, siglos X-principios del XVI. (Museo Metropolitano del Arte de Nueva York).

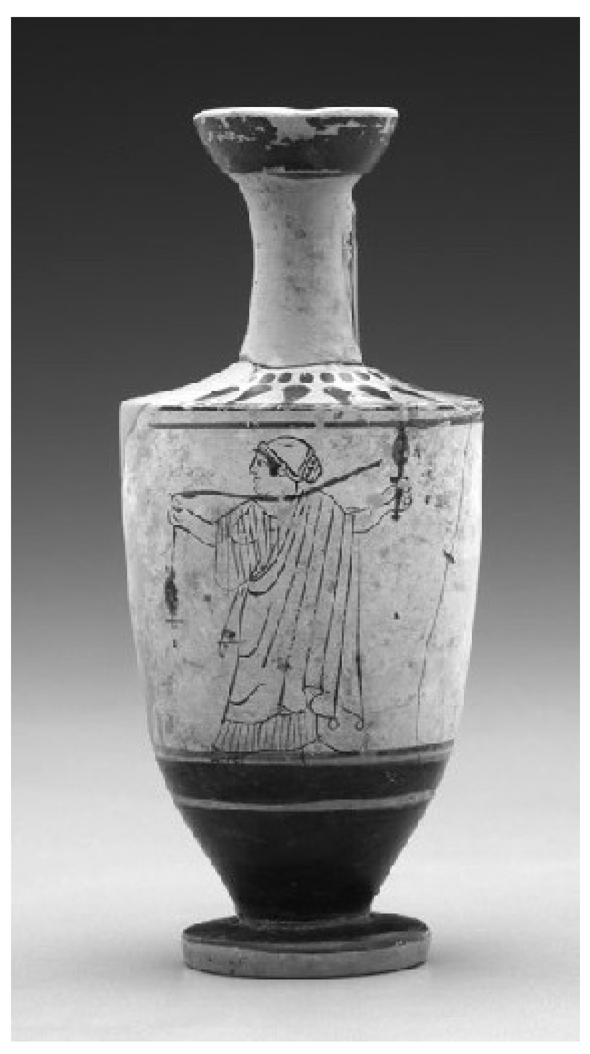
«El huso fue la primera rueca —me dice Elizabeth Barber, gesticulando a modo de demostración—. Todavía no llevaba carga, pero el principio de rotación ya estaba ahí». Lingüista de formación y tejedora de vocación, Barber empezó a recoger las notas a pie de página sobre textiles dispersas por la literatura arqueológica en la década de 1970. Imaginaba que pasaría nueve meses compilando cuanto se conocía. Su pequeño proyecto se convirtió en una investigación de

varias décadas que contribuyó a convertir la arqueología textil en un campo en sí mismo, en toda la extensión del término «campo». La producción textil, escribe Barber, «es más antigua que la cerámica o la metalurgia, y tal vez incluso más que la agricultura y la ganadería».[5] Y la producción textil depende de la hilatura.

Aparte de la seda, a la que volveremos más adelante, hasta las mejores fibras de plantas y animales son cortas y frágiles, y su desarrollo es arbitrario. Las fibras de lino pueden alcanzar entre treinta y sesenta centímetros, pero lo máximo que crecerá una hebra de lana son quince centímetros. Por lo general, el algodón apenas rebasa los tres milímetros, y las más suntuosas variedades no superan los ocho centímetros. Al extraer estas pequeñas fibras, que suelen conocerse como *base* o *fibra cortada*, y retorcerlas entre sí —al hilarlas, en dos palabras—, se fabrica un hilo muy resistente, pues cada una de las fibras se une a las otras en hélice, haciendo fricción al frotarse entre sí. «Cuanto más las tensamos en sentido longitudinal, con mayor fuerza se adherirán transversalmente las hebras», explica un investigador de biomecánica.[6] La hilatura también alarga la longitud de las fibras base, hasta llegar a producir hilos que podrían alcanzar kilómetros si fuera necesario, cosa que, por lo general, lo es.

Las fusayolas son las piezas duraderas de un mecanismo de dos partes que, con ligeras variaciones, inventaron muchos pueblos diferentes en muchos lugares distintos, desde China a Mali, desde los Andes al Egeo. Se atraviesa el agujero con un palo, dejando la fusayola cerca de uno de los extremos. Para hacer la hebra, la hilandera debe alargar un poco de fibra todavía unida a un montón limpio de lana, lino o algodón, que habrá sido cepillado antes para que los filamentos vayan más o menos en la misma dirección. La hilandera ata un poco de fibra torsionada a la varilla, después suelta la herramienta mientras la hace girar. La espiral añade peso e incrementa el impulso angular del huso, lo que permite a la hilandera mantener la rotación mientras añade nuevas fibras; al mismo tiempo, la gravedad estira la hebra hacia abajo. Cuando el cordel llega a ser demasiado largo y ya no es posible sostenerlo por encima del suelo, la hilandera enrolla el nuevo hilo alrededor del palo para preservar su torsión. Estos tres pasos juntos —

estiraje, torsión y *enrollado*— constituyen el proceso para la obtención del hilo.



Urna griega, ca. *460 a. C. (Galería de Arte de la Universidad de Yale)*

Al ver cómo lo hace una hilandera experimentada que use una fibra ya preparada, parece que no cueste nada. Da la impresión de que el hilo crece solo. Pero la hilatura no es tan fácil. Se debe mantener la presión correcta y precisa durante el continuo suministro de la nueva fibra —una presión suficiente para que la hebra salga fina e igualada, pero no tan fuerte como para que se rompa— al tiempo que produce un giro uniforme. En un taller de hilatura con fusayola, dedicándole seis horas de trabajo y con la generosa ayuda de otra persona, conseguí producir unos nueve metros de una lana irregular de dos cabos. Si algo así

impresiona, imaginemos un ovillo de unos tres centímetros de diámetro. Para hacer nudos está bien. Pero no para hacer telas.

Sin embargo, en cuanto le coges el truco, hilar se convierte en una extensión de ti. Los aficionados lo consideran un alivio contra el estrés. «Al empezar —dice la hilandera Sheila Bosworth—, nadie diría que es algo relajante y liberador, pero en cuanto entiendes lo que estás haciendo el ritmo es como una forma de meditación». Bosworth se lleva su *tortera* a todas partes, e hila mientras hace cola, espera en un restaurante o viaja en coche.[7]

En esto, Bosworth imita a las incontables generaciones que hilaban por necesidad. Usando una tortera, las hilanderas preindustriales podían trabajar mientras cuidaban de los niños o vigilaban los rebaños, mientras cotilleaban o iban de compras, o mientras esperaban a que hirviese una olla. Podían hilar en casa o fuera de ella, solas o en compañía de otras, en una habitación cerrada o en campo abierto.

Aunque no son lo que se dice portátiles, las ruecas solían ser tan ligeras que se las podía sacar de casa cuando hacía buen tiempo. La Florencia renacentista prohibió a las hilanderas ocupar los asientos públicos. Mientras viajaba por Suffolk y Norfolk a finales del siglo XVII, la diarista Celia Fiennes pudo observar la presencia de mujeres «sentadas a sus ruecas en las calles y en las vías peatonales». En el norte de Europa, las hilanderas llevaban sus aparejos a las colmenas de hilanderas comunales[1*], donde compartían el calor, la luz y a veces una escandalosa compañía en las largas noches de invierno. «Sola no gana lo que le cuesta la luz» fue lo que la esposa de un granjero alemán dijo en 1734 para justificar su desafío a la prohibición local de celebrar dichas reuniones. Para otras, el atractivo se hallaba en la compañía, incluida la de los jóvenes que se dejaban caer para flirtear con las hilanderas.[8]

Al contrario de lo que sucede en otras etapas de la producción textil, la hilatura siempre ha sido realizada en exclusiva por mujeres. «La buena mujer es la que trabaja todo el tiempo con la *charkha* [o "rueca"]», escribió el historiador y poeta hindú Abdul Malik Isami en 1350.[9] La palabra inglesa *distaff* remite por igual tanto a una herramienta que sujeta la fibra mientras se hila como al adjetivo que

denota algo relativo a la mujer, la mayor parte de las veces del lado familiar materno (por parte de madre), o de la esposa. *Spinster* se aplica tanto a alguien que hila como a la mujer soltera.

En la cerámica de la antigua Grecia, hilar aparece como la actividad propia de la buena ama de casa, y también algo que las prostitutas hacían entre cliente y cliente. «De la misma forma en que el sexo era el negocio de las prostitutas, también lo era fabricar textiles», escribe una historiadora del arte.[10] Un contraste similar aparece en el arte europeo de los siglos XVI-XVII. En pinturas de alto coste como el retrato de Anna Codde, hilar representa la industria nacional y la virtud. En los grabados populares, a menudo tiene connotaciones sexuales. Un grabado holandés de 1624 muestra a una joven con una vara enorme, cargada de fibra —cuyos contenidos le dan una forma bastante fálica—, bajo el brazo derecho. Su mano izquierda acaricia las fibras, sosteniendo el extremo saliente de la rueca muy cerca del rostro, de un modo muy poco realista. Más que estirar las fibras para hilarlas, parece estar a punto de besarlas. El texto que acompaña al grabado transforma el hilado en una prolongada metáfora sexual:

> Me alargan y soy blanca —¿lo ves?— y también frágil. En la parte superior tengo la cabeza, un poco grande. Mi señora desea verme firme; a menudo me tiene en su regazo; o, si no, me coloca de lado junto a ella. Me toma muchas veces, cada día que pasa, bien se podría decir, entre sus manos. Ella levanta las rodillas, y, en un tosco lugar, se pega a mí por la parte más alta. Ahora vuelve a sacarla. Y ahora de nuevo la vuelve a remeter.[11]

Virtuosa o sexi, que el lector decida. Todo lo que un hombre podía querer en una mujer —o lo que una mujer aspiraba a ser— podía representarlo el hilado. Ya estuvieran diseñadas para valorar o para excitar, esas imágenes populares reflejaban una realidad cotidiana. La mayoría de las mujeres de la época preindustrial se pasaban la vida hilando. Al contrario que tejer, teñir o cuidar ovejas, no era tanto una ocupación específica como una habilidad universal, como cocinar o limpiar. Una mujer pobre podía hacerlo por dinero, igual que podía ser contratada como doncella, pero si tenía esa opción era porque desde la infancia había aprendido a hilar... y porque nunca flaqueaba la demanda de hebras. Nunca.

Con solo cuatro años de edad, a una niña azteca se la presentaba ante

los útiles del hilado. A los seis años ya estaba haciendo su primer hilo. Si haraganeaba o hilaba mal, su madre la castigaba clavándole espinas en las muñecas, golpeándola con un palo o forzándola a inhalar humo de chile. La severidad de los castigos reflejaba la importancia que tenía dominar aquel arte.

Junto con las fibras liberianas que hilaban para uso familiar, las mujeres aztecas tenían que producir enormes cantidades de hilo de algodón para sufragar el tributo que exigían los gobernadores del imperio. Cada seis meses, por ejemplo, las cinco ciudades de la provincia conquistada de Tzicoac pagaban un impuesto de dieciséis mil mantos blancos festoneados con motivos rojos, azules, amarillos y verdes, lo que se sumaba a una cantidad no menos asombrosa de ropa interior, mantos blancos de mayor tamaño y prendas de mujer. «Solo generaciones sucesivas de hilanderas frenéticamente productivas podían pagar el tributo que suponían tan enormes demandas de ropa», observa una historiadora textil.[12]

Ya fueran madres aztecas, huérfanas del Ospedale degli Innocenti florentino, viudas del sur de la India o esposas de la Inglaterra georgiana rural, las mujeres, a lo largo de los siglos, se pasaban la vida hilando, en especial después de que los molinos hidráulicos las exoneraran de un tiempo que antes habían dedicado a moler grano.[13] Las mujeres de la época preindustrial hilaban de manera continua porque hacían falta gran cantidad de hebras para hacer telas, ya fuera para pagar impuestos, para venderlas o para su uso doméstico. Hoy podemos permitirnos el lujo de no tener que preocuparnos de las hebras.

Pensemos en los vaqueros. El mexicano medio de hoy, descendiente de las mujeres que tiempo atrás hilaban para cumplir con el tributo imperial, posee siete pares de vaqueros; el americano medio, seis, y el chino o el indio medio, tres. Para tejer la mezclilla de un solo par se necesitan casi diez kilómetros de hilo de algodón.[14] Trabajando ocho horas al día, una hilandera que empleara una *charkha* india tradicional tardaría unos doce días y medio en producir esa cantidad de hebras, y eso sin contar el tiempo que se tarda en limpiar y peinar las fibras para la hilatura. Si todo ese algodón tuviera que hilarse a mano, los vaqueros serían un artículo de lujo, incluso pagando salarios bajísimos.[15]

Este ejemplo, en cualquier caso, le resta importancia a la gran cantidad de trabajo que tiempo atrás exigía la hilatura. Para empezar, los vaqueros no emplean un volumen tan elevado de hilo debido a su trama relativamente basta (de unas cien hebras cada dos centímetros y medio) y a la pequeña cantidad de tejido que requieren. Otras prendas esenciales de uso cotidiano necesitan mucho más. Pensemos en las sábanas de una cama de matrimonio, con una modesta cantidad de hebras: 250. Para tejerlas se precisan cincuenta kilómetros de hebras, suficientes para cubrir la distancia que hay entre el centro de San Francisco y el campus de la Universidad de Stanford, o entre Kioto y Osaka. Para las sábanas de una cama de un tamaño algo mayor —la que se conoce como *queen size*— se utilizarían cincuenta y cinco kilómetros, lo que supone una distancia similar a la que hay entre el Monumento a Washington y Baltimore, o entre la torre Eiffel y Fontainebleau.[16]

	CANTIDAD DE HILO REQUERIDO	CHARKHA, ALGODÓN (150 KM/H)	RUECA, LANA, MEDIA (136,5 KM/H)	TELAR ANDINO, LANA (135 KM/H)	TELAR VIKINGO, LANA, BASTA (75 KM/H)	TELAR ROMANO, LANA (66 KM/H)	TEJEDORES EWE, ALGODÓN (55 KM/H)	EDAD DEL BRONCE, LANA, DELICADA (50 KM/H)
VAQUEROS/ PANTALONES	10 km	100 horas = 13 días	110 horas = 14 días	111 horas = 14 días	200 horas = 25 días	227 horas = 28 días	270 horas = 34 días	294 horas = 37 días
SÁBANAS PARA CAMA DE MATRIMONIO	47 km	470 horas = 59 días	516 horas = 65 días	522 horas = 65 días	940 horas = 117 días	1.068 horas = 134 días	1.270 horas = 159 días	1.382 horas = 206 días
SÁBANAS *QUEEN SIZE*	60 km	600 horas = 75 días	659 horas = 82 días	667 horas = 83 días	1.200 horas = 150 días	1.364 horas = 171 días	1.621 horas = 203 días	1.765 horas = 221 días
TOGA	40 km	400 horas = 50 días	440 horas = 55 días	444 horas = 56 días	800 horas = 100 días	909 horas = 114 días	1.081 horas = 135 días	1.176 horas = 147 días
VELA	154 km	1.540 horas = 193 días	1.692 horas = 211 días	1.711 horas = 214 días	3.088 horas = 385 días	3.500 horas = 438 días	3.621 horas = 453 días	4.529 horas = 566 días

Nota: Esta tabla compara la cantidad de tiempo que se tarda en hilar una determinada cantidad de hilo con una tecnología concreta. Está concebida para dar una idea general y proporcionar estimaciones aproximadas, no equivalencias precisas, y no tiene en cuenta la fibra que se emplea en cada pieza. El algodón suele ser más duro de hilar que la lana. Los cálculos se establecen siguiendo el criterio de una jornada laboral de ocho horas.

Además, la *charkha,* que emplea una rueca más grande para hacer girar muchas veces el huso con una sola rotación, permite un hilado a mano mucho más rápido que otros métodos. Una tejedora del África Occidental tarda unos diecisiete días en hilar el algodón necesario para confeccionar una prenda tradicional de mujer ewe, aproximadamente el equivalente de la tela que se precisa para hacer unos vaqueros. En los albores de la Revolución Industrial, en el siglo XVIII, las tejedoras de lana de Yorkshire, empleando las modernísimas ruecas de pedal, hubieran tardado catorce días en hacer la misma cantidad de hilo, y la lana es mucho más fácil de hilar que el algodón.[17]

Las tejedoras de los Andes, que trabajan con lana de oveja y fibra de alpaca y utilizan torteras, hilan unos noventa metros por hora. Esto se traduce en una semana aproximada para producir el equivalente de un metro cuadrado de tejido, que era el cálculo un poco a ojo de las peruanas que enseñaban en el taller de hilado con tortera en el que participé.[18] A ese ritmo, en un par de semanas se consigue lo suficiente para tejer la tela que se necesita para hacer unos pantalones. No sorprende que las tejedoras andinas de la actualidad compren los pantalones que se hacen en las fábricas, y reserven su hilo hecho a mano para usos menos cotidianos.

Hasta un proceso como este, que tanto tiempo consume, es más rápido que algunos métodos antiguos. Las experimentadas hilanderas que utilizan recreaciones de torteras de la Edad del Bronce pueden fabricar entre treinta y cuatro y treinta y cinco metros de hilo de lana en una hora, dependiendo de lo fino que hilen. (Las hebras más finas, que se producen utilizando fusayolas de tamaño más reducido, llevan más tiempo). De modo que el tejido que se necesita para hacer unos pantalones requeriría al menos doscientas horas, o aproximadamente un mes de trabajo.[19] Y este cálculo no incluye el tiempo sustancial necesario para lavar, secar y peinar o cardar la lana de antemano, por no hablar del necesario para tejer, teñir o coser.

Con esta perspectiva, podemos empezar a comprender por qué incluso una prenda tan simple como una toga romana sin ornamentos podía verse como un símbolo de estatus. Al contrario de la impresión que dejan las togas que se utilizan como disfraz en las fiestas universitarias de ese nombre, la toga estaba más cerca de tener el tamaño de una habitación que de una sábana, unos veinte metros cuadrados. Calculando unos 20 hilos por centímetro, la historiadora Mary Harlow estima que una toga requería de unos 40 kilómetros de hilo de lana, lo suficiente para llegar desde Central Park hasta Greenwich, Connecticut. Se tardarían 900 horas en hilar esa cantidad de hilo, o, lo que es lo mismo, más de cuatro meses de trabajo, empleándose ocho horas al día, seis días por semana.

Pasar por alto los textiles, advierte Harlow, impide a los estudiosos de la época clásica ver algunos de los desafíos económicos, políticos y organizativos más importantes a los que se enfrentaban las sociedades antiguas. La tela no solo sirve a la ropa, después de todo. «Las sociedades cada vez más complejas requerían cada vez más textiles», escribe Harlow.

El Ejército romano, por ejemplo, era un insaciable consumidor de tejidos... Construir una flota precisaba de una planificación a largo plazo, pues para tejer las velas había que emplear enormes cantidades de materia prima y contar con el tiempo necesario para su producción. La materia prima englobaba la cría, el pasto, el esquilado, y el desarrollo, la cosecha y el proceso anterior a que esa materia llegase a las hilanderas. La producción textil, tanto para cubrir el mercado interior como para otras de más amplio alcance, conllevaba tiempo y planificación.[20]

Eso, sin duda, era cierto en el caso de los célebres barcos vikingos. Una vela de 100 metros cuadrados de la época vikinga utilizaba 154 kilómetros de hilo. Trabajando ocho horas al día con una pesada tortera para producir un hilo bastante basto, una hilandera debía emplearse con gran esfuerzo durante 385 días hasta producir una cantidad suficiente para la vela. Esquilar la oveja y preparar la lana para

el hilado precisaba de otros 600 días. De principio a fin, llevaba más tiempo hacer las velas vikingas que los barcos a los que estas impulsaban.

Aunque el tamaño de las velas variaba según el barco, la cantidad total de tela —y, por tanto, de hilo— era pasmosa. A principios del siglo XI, el Imperio del Mar del Norte del rey Canuto mantenía una flota con cerca de un millón de metros cuadrados de velamen. Solo para el hilado, aquella imponente cantidad de material requeriría el equivalente a diez mil años de horario laboral.[21]

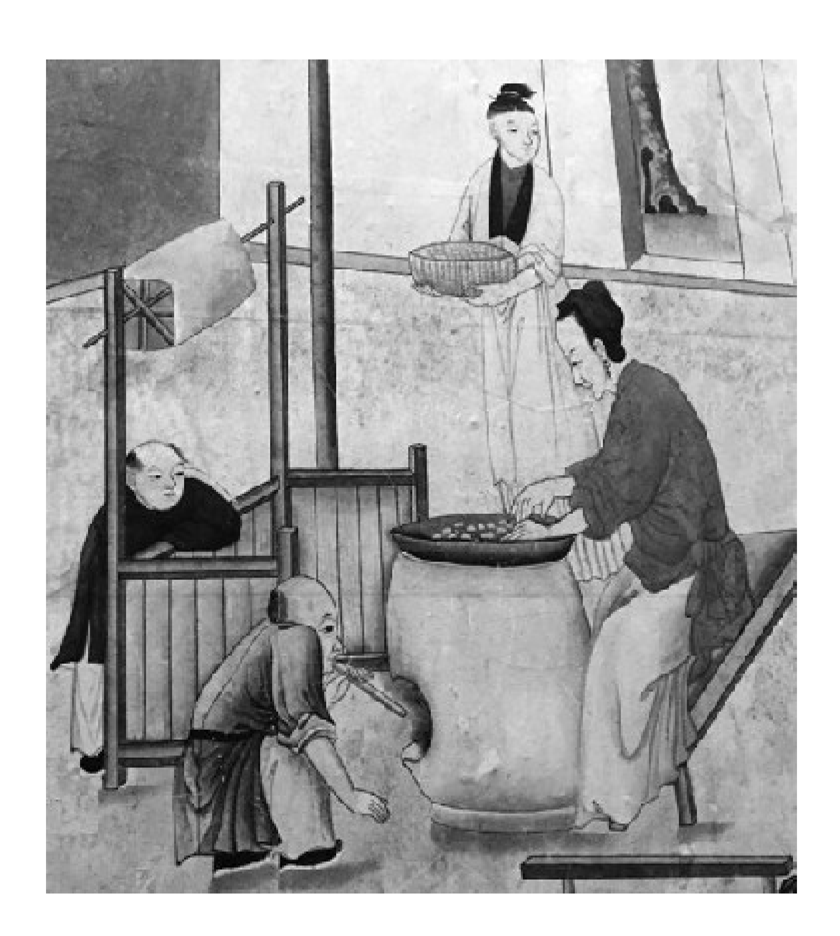
Nosotros, displicentes hombres y mujeres del siglo XXI, podemos denigrar los retratos de mujeres que sostienen ruecas o devanadoras y considerarlos meros símbolos de subordinación y vida doméstica. Para nuestros ancestros, sin embargo, reflejaban un hecho fundamental de la vida: sin esta constante labor, no podía haber telas.

Por todo el planeta, los pueblos antiguos concibieron un modo de hacer hilo empleando el huso y la fusayola. Se trataba de una tecnología tan brillante como sencilla, portátil y fácil de construir con materiales locales. En manos de una experta, podía lograr un hilo de una finura, firmeza y regularidad sorprendentes. Una túnica *qompi* inca, una prenda de lujo de lo más selecto con la que se honraba a las élites, comprendía ochenta hilos por centímetro solo para la urdimbre vertical. Pero, por excepcionales que pudieran ser sus productos, el hilado a mano era también muy lento. El hilo para hacer una sola *qompi* era el resultado de unas cuatrocientas horas de hilado.[22] Cabría imaginar, pues, que las hilanderas de muchos lugares habrían llegado a idear maneras más rápidas de desempeñar su trabajo. Pero lo cierto es que eso solo ocurrió en China, cuna de la seda. Solo allí, alguna inteligente criatura desarrolló un modo de acelerar el proceso al añadir una cinta y una rueda.

Hay en ello una paradoja. La seda es la única fibra biológica que viene en largas hebras continuas, conocidas como *filamentos,* al contrario de lo que sucede con la fibra discontinua. (Las fibras sintéticas como el poliéster y el nailon se extruden también en

filamentos). El filamento procedente de un único capullo sin abrir puede alargarse cientos de metros, y no es preciso hilarlo, como se hace con las fibras más cortas y frágiles. Con todo, fue la producción de la hebra de seda lo que inspiró el primer avance mecánico en el campo de la hilatura.

Para convertir capullos de gusano de seda en un hilo útil, el primer paso consiste en sumergirlos en agua tibia: con ello se disuelve la goma que mantiene las hebras unidas. Con mucha delicadeza y cuidado, un trabajador —casi siempre una mujer— pasará con suavidad un cepillo, unos palillos o un dedo por los filamentos de dos o más capullos. Las hebras, de este modo, se unirán en una sola: la hilandera habrá de introducirla en un enorme carrete de cuatro lados que una ayudante hará girar para deshacer los capullos que oscilan y giran en el agua. Cuanto más homogéneos sean los filamentos, mejor será la hebra resultante. Cuando la seda de uno de los capullos se acabe, el trabajador cogerá el extremo de otra y la mezclará con la hebra continua.



Enrollado de la seda, tal y como lo representaba este papel pintado chino del siglo XVII hecho para el castillo de Govone, en la región productora de seda del Piamonte italiano. Aunque se trata de una escena tradicional, los rasgos de las figuras se han europeizado para acomodarse a los espectadores extranjeros. (Foto de la autora)

Estando la seda húmeda y un tanto pegajosa, para que cada nueva rotación la mantenga plana y separada de las otras, hay que estirar la hebra en sentido horizontal sobre una devanadora cuadrada lo bastante grande como para almacenar cientos y cientos de metros. Cuando ha concluido el *devanado* y ha dado tiempo para que la hebra se seque, esta se enrolla en bobinas y, si así se desea, se retuerce hasta formar un hilo más fuerte y lustroso. El proceso de torsión se conoce con el nombre de *molinaje*.

Este es, al menos, el escenario ideal, el único capaz de producir el valioso hilo que los venecianos del Renacimiento llamaban «seda auténtica». Sin embargo, no todos los filamentos de seda conservan su solidez y su belleza. La seda de xap, o *schappe*, de inferior calidad, pero valiosa pese a todo, no es menos esencial para nuestra historia. Proviene, en parte, de los capullos de las polillas a las que se permitió nacer para que pudieran poner huevos; en parte, también, de la enmarañada pelusa que hay en el exterior de los capullos; y también de los restos que quedan en la olla tras el proceso de devanado. Sea cual sea su origen, la seda de xap es de enorme utilidad y demasiado abundante —en el siglo XVI, en la península veneciana, suponía un cuarto del total de la seda— como para deshacerse de ella sin más. Puede cardarse e hilarse al igual que cualquier otra fibra cortada.[23]

Es aquí donde encontramos la respuesta a la paradoja: la seda es tanto un filamento como fibra cortada. Los trabajadores chinos de la seda a veces devanaban filamentos y a veces hilaban seda de xap, y en ambos casos tenían que bobinar las hebras. De estas experiencias tan distintas proviene la tecnología que el historiador Dieter Kuhn denomina «el primer y único ingenio concebido para ahorrar tiempo y esfuerzo desarrollado para la producción de hebras e hilo» con anterioridad al siglo XV. Se trata de la *rueca,* que mecanizó las dos primeras etapas del hilado: la extracción y la torsión de la fibra. (Una

invención europea del siglo XV, la *aleta,* enrollaba la hebra en una bobina, lo que permitía que el proceso fuera continuo).

Es probable que la inventora de la rueca fuera una trabajadora de la seda de la provincia de Shandong, región del comercio de la seda, situada más o menos a medio camino entre Shanghái y Pekín. Al contrario de quienes trabajaban con torteras, que aprovechaban la gravedad, la trabajadora llevaría mucho tiempo acostumbrada a bobinar hilo en máquinas horizontales. Aplicó al huso el mismo principio. Lo puso de lado y dejó la vara sobre unos apoyos horizontales que flanqueaban la fusayola para que esta pudiera seguir dando vueltas. Después pasó una cinta, quizá un mero trozo de cuerda, alrededor de la parte superior de la fusayola, y la llevó hasta una rueda de mayor tamaño, y repitió el procedimiento. Esta invención, que se inspira en la manera en que las hebras de la seda se enrollan en la bobina, muestra el primer uso de la correa de transmisión, un componente esencial de muchas máquinas posteriores. Con un simple giro de la rueda mayor, la fusayola, más pequeña, giraba múltiples veces.

Todo esto sucedió, explica Kuhn, en el siglo V o el IV a. C, un milenio antes de que la rueca apareciese en la India, desde donde saltaría con el tiempo a la Europa medieval. Kuhn presenta algunas evidencias para esa fecha tan temprana: una fuerte reducción del número de torteras desenterradas en los yacimientos arqueológicos de la época de las dinastías Chou (1046-256 a. C.) y Han (206 a. C.220 d. C.), lo que sugiere que se adoptó una tecnología diferente para el hilado; los relieves de la dinastía Han, que muestran ruecas en pleno funcionamiento; y un significativo aumento del número de tejidos de seda desenterrados con hilos dobles e hilos de torsión.[24]

A pesar de ello, seguimos sin saber cuándo empezó a utilizarse la rueca específica para la producción de hilo. Se trata de una tecnología textil muy versátil, que, asimismo, puede servir a otros propósitos. Puede hacer torsión, o molinaje, sobre varios hilos de seda unidos entre sí, como sugieren esos tejidos de seda desenterrados. Puede enrollar seda bobinada en un carrete, proceso conocido con el nombre de *encañonado* (algunas fuentes escritas chinas registran este uso ya a

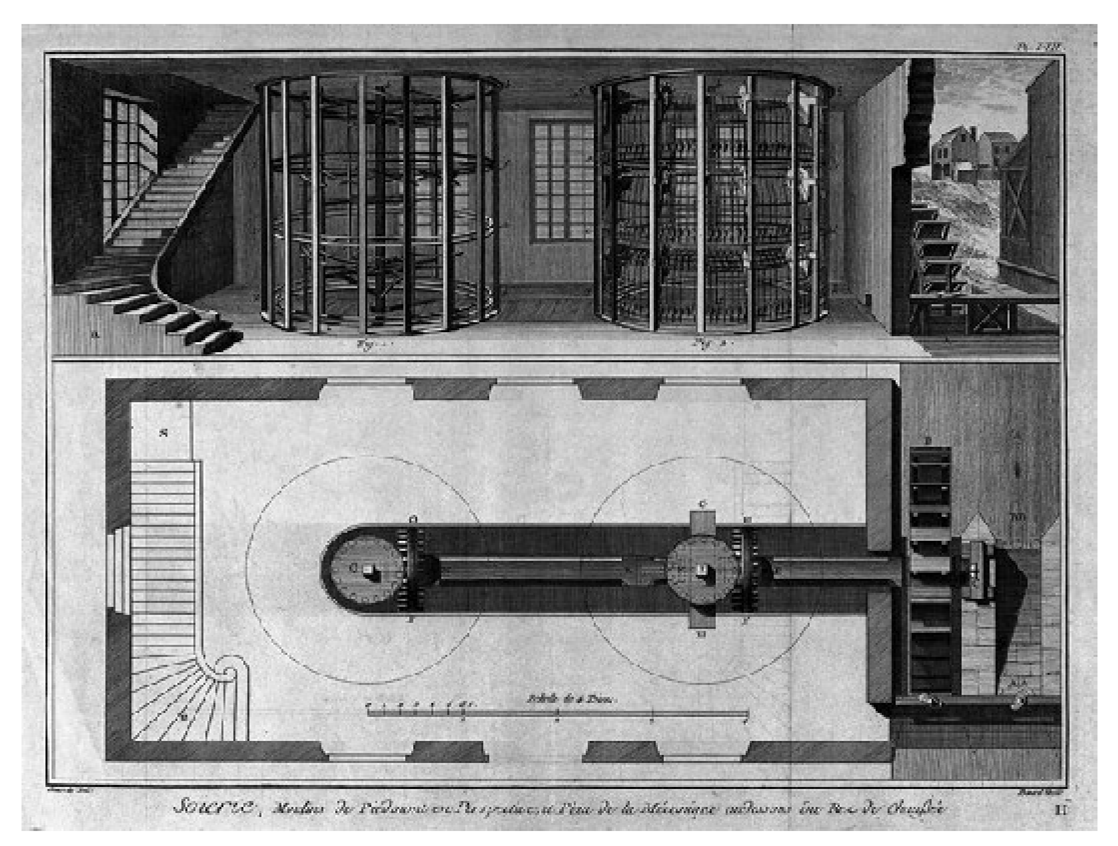
principios del siglo I a. C.). También puede hilar fibra cortada, incluida la seda de xap. Kuhn interpreta una imagen algo ambigua que aparece en un relieve de la dinastía Han: en su opinión, representa una rueca retorciendo seda de xap para producir hebras.

Kuhn también sugiere una cuarta razón que induce a creer que la rueca fue adoptada para el hilado, a más tardar, en la dinastía Han. Dicha razón es la creciente demanda. Para entonces, las tejedoras chinas usaban telares a pedal que podían tejer hasta tres metros de tela de cáñamo al día. Sin un adecuado suministro de hilo, adoptar esta tecnología, sin duda más rápida pero también más compleja, no tendría mucho sentido. De usar torteras, serían necesarias entre veinte y treinta tejedoras manuales para surtir de hilo un telar semejante. Con una rueca, sin embargo, las hilanderas podrían producir hebras unas tres veces más rápido, reduciendo el número de hilanderas a un total de entre siete y diez. Los trabajadores textiles chinos, que ya usaban la máquina para el molinaje de la seda y para enrollar bobinas, bien podrían haber establecido la relación.

Fuera cual fuese el propósito inicial, la rueca fue un hito tecnológico. Empleaba por primera vez la correa de transmisión, que luego fue adoptada para otros muchos usos. También demostró que la mecanización podía acelerar de forma significativa el proceso de producción de hebras, reduciendo el enorme embotellamiento que tenía lugar en la fabricación de telas. Aún habrían de pasar siglos para que esa visión se tradujera en las máquinas que cambiarían el mundo. Esta historia comenzó, una vez más, con la seda.

Con sus torretas gemelas y su pretil con balaustrada, el Filatoio Rosso bien podría pasar por un *palazzo*. Pero lo cierto es que cuando abrió, en 1678, aquel imponente edificio era una fábrica, una de las primeras de Europa. Durante dos siglos y medio, hasta la década de 1930, sus hábiles operarios y su maquinaria impulsada por agua fabricaban hebras de seda. Hoy es el Museo del Setificio Piemontese, un monumento al pasado histórico de producción de seda de la región. Ubicado en la pequeña ciudad de Caraglio, en el noroeste de Italia, a medio camino entre Turín y Niza, su interior acoge recreaciones

exactas de las olvidadas invenciones que hicieron surgir la industria moderna.



Máquinas de molinaje del Piamonte tal y como aparecen en la Encyclopédie *del siglo* XVIII. *(Wellcome Collection)*

Las atracciones estrella del museo son dos enormes máquinas circulares de molinaje cuyos giros evocan visiones del cosmos copernicano. De una altura de dos pisos, y hechas casi por completo de madera, cada una contiene una serie de anillos horizontales de cinco metros de diámetro, sostenidos a su vez por columnas. Los anillos giran en torno a un gran eje que llega hasta unas norias ocultas en el sótano. Dispuestas alrededor del borde de cada anillo hay cientos de bobinas verticales que rotan hasta mil veces por minuto. Para un campesino de las tierras piamontesas del siglo XVII, aquello debía de parecer algo de otro mundo.

Sobre la primera máquina, unos hilos de seda casi invisibles se retuercen entre sí en el sentido de las agujas del reloj, y se van enrollando hacia arriba en un anillo de bobinas horizontales situado un

poco más atrás. La segunda máquina vuelve a doblar el hilo, retorciendo las hebras unidas entre sí en dirección opuesta a las agujas del reloj, para hacerlas más fuertes y lustrosas. En lugar de bobinas, en uno de los lados de su círculo interior hay unos carretes en forma de X de poco más de medio metro, que ovillan la seda para hacer madejas. El producto final es esa urdimbre que recibe en Italia el nombre de *organzino* y que en francés y en inglés se denomina *organzine* («organza» en español). El proceso de doblado es muy importante, puesto que la urdimbre debe ser resistente; los hilos de la urdimbre son constantemente tensados, y los tirones mecánicos de la actividad del telar puede romperlos con facilidad. Las tramas, que cruzan las hebras en sentido horizontal, pueden ser todavía más frágiles. (Para entender bien esos dos términos, recordemos que las tramas van de izquierda a derecha. En inglés hay una palabra, *woof,* que rara vez se emplea hoy día, pero que a menudo puede encontrarse en la literatura, y es un sinónimo de *weft,* o «trama»).





Vistas de una de las máquinas de molinaje que todavía perduran, esta de 1818, sita en el Civico Museo Setificio Monti, Abbadia Lariana, Italia. (Fotografías de la autora)

Esta tecnología, que impresiona incluso a quienes la vemos desde el siglo XXI, producía un respeto sobrecogedor en sus días. En un escrito de 1481, el humanista boloñés Benedetto Morandi se enorgullecía de la industria de su ciudad, alabando los molinos de torsión que funcionaban «sin ayuda humana, salvo la precisa para atender la seda». En una jornada laboral de doce horas, un trabajador de la seda que hiciese a mano el molinaje podía producir un solo huso de hebra. Una máquina impulsada por agua, en cambio, podía llenar mil husos, con solo dos o tres personas encargadas de vigilar que la base se mantenía lubricada y de reparar las hebras rotas. «Supuso un enorme salto en la productividad», dice Flavio Crippa, que supervisó las reconstrucciones de Filatoio Rosso. La máquina de molinaje, afirma, «fue la madrina de un cambio estructural de gran trascendencia que ha pasado casi desapercibido».

Físico de formación, Crippa ha pasado su carrera profesional en la moderna industria de la seda desarrollando y patentando maquinaria avanzada. En las dos últimas décadas, ha centrado su notable ingenio en recuperar y restaurar la tecnología perdida del pasado. El Filatoio Rosso es uno de los muchos museos dispersos por toda Italia que dan testimonio de sus esfuerzos. Aunque el edificio se vio muy dañado durante la Segunda Guerra Mundial, Crippa fue capaz de calcular la

posición y altura de sus máquinas tras examinar las huellas todavía visibles, con un «máximo de error de dos o tres centímetros», dice. Ríe al decir que, con la ventaja que otorgan las herramientas modernas, las reproducciones tardaron dos años en construirse (el mismo tiempo, para ser exactos, que los originales).

Pese a su origen boloñés, las máquinas de molinaje encontraron su verdadero hogar aquí, en el norte de Italia (en el Piamonte, en Lombardía y en la República de Venecia), donde el agua y la seda pura abundaban, y escaseaba la organza. Durante los últimos años del siglo XVII, los adinerados mercaderes de seda italianos y los fabricantes de seda franceses invirtieron enormes sumas de dinero para construir cerca de 125 molinos al pie de los Alpes. Estas inmensas fábricas nutrían los voraces telares de Lyon, la capital europea de la seda.

Junto con su maquinaria de vanguardia, los molinos *alla bolognese* adoptaron nuevas estructuras organizativas, albergando bajo un mismo techo todas las etapas de producción, desde los capullos cosechados hasta la madeja final. «La de Caraglio se convirtió en la fábrica más completa de hilo de seda jamás construida», dice Crippa. «La llamaban la Filatoio», o máquina de molinaje, «pero en realidad era un *setificio*», esto es, una «fábrica de seda», «porque no se limitaba a la torsión de hilos de seda, sino que producía el hilo desde el capullo hasta el molinaje».[25] Las fábricas de toda la región adoptaron el mismo modelo.

Un *setificio* podía emplear cientos de trabajadores en un único lugar: expertas bobinadoras de seda, conocidas como *maestre* (el plural femenino del más familiar *maestro/maestra* [en italiano en el original]) en reconocimiento a sus habilidades; niños que enrollaban la seda ovillada en bobinas; trabajadores que cuidaban de las máquinas de molinaje; y carpinteros y herreros que las reparaban. En el mismo Filatoio Rosso había hasta un convento, cuyas monjas daban de comer y alojaban a las trabajadoras que venían de las poblaciones distantes.

La integración vertical reemplazaba a la antigua industria artesanal. Los devanadores ya no operaban en talleres independientes. Las campesinas ya no se llevaban a casa el hilo devanado para enrollarlo a las bobinas. Solo con una férrea supervisión y estandarización las

fábricas podían producir, de manera consistente, hilo lo bastante resistente como para soportar sin romperse los rigores de las máquinas hidráulicas de molinaje.

Las fábricas piamontesas fijaron un tamaño común para las devanadoras, instalaron bobinas de metal uniformes y calcularon los tamaños y las velocidades óptimas para sus máquinas. Desarrollaron un mecanismo, llamado *va e viene*, para distribuir de manera equitativa el hilo en las devanadoras, mejorando así su calidad. Comenzaron a evaluar con precisión la finura, guiándose por el peso de un tramo estándar de hilo —un concepto que todavía se usa—, y emplearon máquinas capaces de medir con rapidez una muestra de prueba. Gracias a su tecnología, a la estandarización y la supervisión férrea de los trabajadores, las máquinas de molinaje de seda constituyeron «un sistema fabril que se adelantaba dos siglos a los molinos de algodón de la Revolución Industrial de Gran Bretaña», escribe un historiador económico.[26]

Los molinos piamonteses no tardaron en fijar el estándar europeo de la organza: sus precios eran los más elevados y se expandieron abriendo nuevas fábricas para responder a la creciente demanda. La familia que construyó el Filatoio Rosso se enriqueció vendiendo hilo de seda de tal manera que el rey de Saboya hizo conde al cabeza de familia, con título hereditario. Paseando por el sótano del museo, Crippa señala las excavaciones subterráneas, visibles a través de los suelos de cristal. Esas excavaciones revelan que la operación de devanado se duplicó, de los diez puestos que había en 1678, cada uno con una cuba calentada con carbón que mantenía alta la temperatura del agua, a los veinte en 1720. Dos mujeres, a menudo madre e hija, trabajaban en cada uno de los puestos: la menos experimentada enrollaba la madeja, en tanto que la veterana se ocupaba de extraer los delicados filamentos de los capullos.

Comparado con algunos rivales de las proximidades, el Filatoio Rosso, con sus tres plantas, tenía un tamaño más bien modesto. Un año antes de su inauguración, los comerciantes franceses construyeron una fábrica de seis plantas en Racconigi (localidad situada a una hora por carretera del Filatoio Rosso, en el nordeste), que empleaba a 150 trabajadores. Cuatro años más tarde añadieron una segunda planta de

once pisos de altura que albergaba a 300 trabajadores. En 1708, el pequeño Racconigi contaba con diecinueve molinos de seda, y empleaba a un total de 2.375 trabajadores.

No obstante, no bastaba con la gestión, las mediciones y las máquinas. Las *maestre* eran una figura tan esencial para el perfecto funcionamiento de los molinos como el equipo de alta tecnología de su interior. Las *maestre* podían distinguir las más pequeñas diferencias en el tamaño de las fibras, y se ocupaban de que coincidiesen los filamentos —de naturaleza irregular—, tanto como fuera posible, para que de ese modo la hebra se mantuviera fuerte y homogénea. Las *maestre* piamontesas también desarrollaron una técnica única para cruzar dos filamentos de diferentes tinas y escurrir el agua, lo que permitía que los hilos fueran más elásticos y redondeados. Al contrario que sus homólogas de cualquier otra parte del mundo, trabajaban solo con esos dos filamentos a la vez, produciendo así el hilo más fino del mercado. Para recompensar la calidad por encima de la cantidad, a las *maestre* se les pagaba por día, no por la cantidad de hilo que producían.

Era un trabajo exigente y muy especializado, que requería concentración, experiencia y un constante perfeccionamiento. Antes de su graduación como *maestre*, la joven que se ocupaba del devanado pasaba años observando el proceso, asimilando el conocimiento tácito de cómo había que manejar tan delicados filamentos. «Las reglas, el patrón de gestos y todos los automatismos manuales que constituían el arte de devanar se transmitían lentamente de hilanderas a devanadoras durante un larguísimo periodo de mal remunerado aprendizaje», escribe un historiador del textil. Esta rara especialización era difícil de reproducir, lo que hacía que las *maestre* fueran empleadas muy codiciadas, que recibían honorarios más altos que los trabajadores varones.

En 1776, unos empresarios españoles que establecieron una fábrica de seda en la ciudad de Murcia contrataron a una *maestra* piamontesa llamada Teresa Perona: la oferta incluía un trabajo para su marido. Su labor era más exigente que la de él: trabajaba siete días a la semana frente a los seis de su marido. Pero su salario era un 50 por ciento más elevado.

Las *maestre* eran aristócratas industriales, en una sociedad que, en

buena medida, seguía siendo campesina. A mediados del siglo XVIII, la casa de los Habsburgo financió un enorme complejo en la ciudad de Gorizia, cerca de lo que hoy es la frontera entre Italia y Eslovenia. Como el Filatoio Rosso, se trataba de un recinto casi autosuficiente, que también albergaba dependencias residenciales y una capilla. Unos buenos salarios y unos «beneficios» desconocidos hasta la fecha atrajeron a trabajadores tanto de fuera del lugar como de las proximidades. A las *maestre* se las recompensaba tan bien que los lugareños se lo tomaron como un agravio. Una vez, cuando un grupo de *maestre* paseaban por el pueblo ataviadas con pañuelos de seda, los celosos residentes las apedrearon, hasta el punto de que las autoridades se vieron obligadas a intervenir.

Las fábricas de seda hidráulicas del norte de Italia, explica el historiador económico Claudio Zanier, albergaban «una enorme plantilla de trabajadoras perfectamente aptas para su adaptación a las futuras necesidades industriales», algo que Zanier también ha observado en la industria japonesa de la seda. En el siglo XIX, las regiones donde se habían concentrado las factorías de torsión de seda se convirtieron en el corazón industrial de Italia, un estatus que mantienen todavía hoy. «El activo de tales plantas, aparte de las legiones de artesanos especializados, lo constituía una enorme plantilla muy disciplinada, que solía trabajar siete días a la semana en turnos continuos y estaba a cargo de unos productos de calidad muy demandados —explica Zanier—. Todos ellos constituían el prerrequisito necesario para contar con un sistema fabril eficiente y moderno».[27]

Sin embargo, con todos sus logros tecnológicos y organizativos, rara vez se alude a los molinos de seda hidráulicos de Italia al hablar de cómo se enriqueció Occidente. «En 1750, por toda la cornisa alpina del norte de Italia, había cuatrocientos molinos que funcionaban con agua. Había más molinos hidráulicos que en el Lancaster de 1800 —dice el historiador John Styles—. Así pues, ¿por qué no fue esa la Revolución Industrial? Porque la seda era un lujo».[28]

A nadie se le ocurriría impulsar un barco con velas de seda, ni empaquetar sus productos en sacos de seda, ni vendar heridas con

vendas de seda, ni decorar cabañas con cortinas de seda, ni vestir a sus trabajadores con prendas de seda. (Incluso en China, que empleaba la seda para uniformar a sus soldados, la gente común vestía cáñamo). Mientras las innovaciones mecánicas incidiesen solo en el tejido de una reducida élite, por prestigiosa y lucrativa que pudiera ser, su relevancia económica sería limitada. Hilar la fibra cortada que se usaba en la vida ordinaria —lana, lino y el cada vez más popular algodón— seguía siendo una labor enormemente absorbente. Pero, al mecanizar la producción de hilo, al sacarla de las cabañas y llevarla a las factorías, las fábricas de molinaje anticiparon la Revolución Industrial.

En 1768, la ciudad inglesa de Warrington, a medio camino entre Liverpool y Manchester, siguiendo el curso del río Mersey, se había recuperado casi por completo del golpe que asestó a la economía el final de la guerra de los Siete Años. Aunque la demanda de su tela para velas no era tan boyante como durante aquel conflicto global, la ciudad había repuntado lo suficiente como para tener empleadas a trescientas tejedoras. Otras ciento cincuenta tejían tela áspera para hacer sacos.

Las tejedoras constituían una pequeña fracción del total de los trabajadores de la industria textil. Proporcionar hilo a una sola tejedora requería de veinte hilanderas, un personal constituido por nueve mil empleados que se repartían por todo el condado de Cheshire. «A las hilanderas nunca les falta trabajo: tienen tanto como necesitan; pero las tejedoras a veces no hacen nada precisamente por faltarles hilo», escribió el autor de libros de viaje y agrónomo Arthur Young, que visitó la ciudad en un periplo de seis meses por el norte de Inglaterra.

Durante su viaje, Young transitó un incómodo camino «acribillado de continuos agujeros» hasta llegar finalmente a Manchester. Allí descubrió una próspera industria textil que producía bienes tanto para uso nacional como para su exportación a Norteamérica y las Indias Occidentales. El trabajo nunca escaseaba. «Puede decirse que todo el mundo tiene todo el trabajo que quiera», anotó. Además de los numerosos trabajadores que hacían textiles, sombreros y pequeñas

mercancías como adornos y cintas, escribió, «el número de hilanderas empleadas dentro y fuera de Manchester es inmenso». Treinta mil hilanderas trabajaban en la misma ciudad, mientras que otras cincuenta mil lo hacían en los alrededores.

En la época de Young, hilar era, con diferencia, la principal ocupación industrial de Inglaterra. «Si se suma el hilado de lana, lino y cáñamo —calcula un historiador económico—, el empleo potencial en 1770 podría rondar el millón y medio de mujeres casadas», en un total de cuatro millones de trabajadoras para toda Inglaterra. (Estos cálculos infieren que las mujeres casadas hilan menos que las solteras).

Los salarios de las hilanderas eran modestos, por decir algo. Las mujeres y las chicas de Warrington que hilaban lino para las velas de los barcos ganaban un mero chelín a la semana si trabajaban a tiempo completo, comparado con los nueve chelines de un tejedor, o los cinco de una tejedora. En la zona de Manchester, las hilanderas de algodón mayores de edad podían ganar entre dos y cinco chelines a la semana, mientras que las más jóvenes recibían entre un chelín y un chelín y medio. En cambio, las tejedoras ganaban entre tres y diez chelines, dependiendo del tipo de tejido.[29]

Visto así, se diría que las hilanderas cobraban una miseria. «Pese a su papel esencial en el destino económico de Inglaterra, una hilandera percibía un sueldo bajísimo por su trabajo», escribe la historiadora Deborah Valenze. Valenze culpa al sexismo de esos bajos salarios. «La hilatura, al estar estigmatizada por su identificación con las tareas femeninas, nunca permitió unos sueldos a la altura de la demanda de hilo que había».[30]

La simpleza del relato moral de las trabajadoras oprimidas pasa por alto las ineludibles matemáticas de la producción de tela. Los hilos podían ser esenciales, pero, a menos que la prenda final fuera carísima, el valor de una hora de hilado era por fuerza bajo. Las *maestre* estaban muy bien pagadas: sus sueldos eran superiores a lo que ganaban muchos hombres, dado que trabajaban con sedas, y estas eran muy caras. Valenze confunde causa y efecto. El hilado no estaba bien pagado, no porque fuera una tarea de mujeres, sino porque se tardaba muchísimo en producir montones de hilo útil. El producto de una hora de trabajo, sencillamente, no valía tanto. Las mujeres aceptaban

aquellos trabajos tan mal pagados porque tenían menos posibilidades de elegir que los hombres. La opresión, pues, no radicaba en los salarios que se pagaban por hilar, sino en la falta de un empleo alternativo para las mujeres.

De hecho, para aquellos que estaban metidos en el negocio de las telas, hilar no salía barato, ni siquiera pagando «salarios bajísimos». Era más caro, con diferencia, que las restantes etapas de la producción de telas. Un informe parlamentario de 1771 recogía el coste de fabricar una pieza estándar de tela de lana *worsted* si su precio de venta era de treinta y cinco chelines. El mayor gasto era la propia lana suarda, que se elevaba a doce chelines. El sueldo de las hilanderas lo seguía muy de cerca: once chelines con once peniques y medio. (Un chelín constaba de doce peniques). Tejer costaba la mitad: seis chelines, para ser exactos. El fabricante obtenía un beneficio de dos chelines y cinco peniques.

Esta proporción tampoco era una anomalía. En el caso de la popelina, lo que costaba hilarla a menudo doblaba el precio de lo que costaba tejerla. En 1769, cuando las cosas iban bien, producir suficiente hilo para unos veintitrés metros de tela ascendía a diecisiete chelines y once peniques, más del doble de los ocho chelines y nueve peniques que costaba tejer. Cinco años después, cuando bajó el precio de la popelina, la proporción era mucho más asimétrica: las hilanderas obtenían quince chelines y nueve peniques, mientras que las tejedoras ganaban siete chelines.[31]

Reflejo de la economía base de la producción preindustrial de telas eran los pésimos salarios y el elevado coste de la hilatura. Una prenda requería de enormes cantidades de hilo, e hilarla consumía enormes cantidades de tiempo. El tiempo era todavía mayor si de lo que se trataba era de producir un hilo fino, consistente, con una firme torsión. Todo lo que no fuera suministrar a los telares los materiales más lujosos estaba destinado a un mal pago. De otro modo, nadie habría podido permitirse comprar el tejido.

La hilatura era lo que atascaba la producción de tejidos, y un atasco es un problema que espera una solución. A finales del siglo XVII, los inventores ya empezaban a buscar la forma de conseguir un mayor

número de hilos invirtiendo un menor esfuerzo. Al igual que sucede en nuestros días con las energías renovables, las máquinas de hilado parecían la solución más obvia y deseable. En 1760, la Sociedad para el Fomento de las Artes, Manufacturas y Comercio de Inglaterra ofreció un premio que se destinaría a quien lograra fabricar «una máquina capaz de hilar seis hebras de lana, de lino, de algodón o de seda al mismo tiempo, y que solo requiera de una persona para hacerla funcionar».

Nadie se llevó aquel premio, pero al cabo de pocos años James Hargreaves presentó la hiladora Jenny, una máquina horizontal que prometía «hilar, estirar y retorcer dieciséis hilos al mismo tiempo (o más) mediante el giro o movimiento de una mano y el estirado de la otra». La hiladora Jenny fue lo que la historiadora económica Beverly Lemire llama «la primera máquina resistente que podía producir de manera sistemática múltiples husos de hilo con el esfuerzo de una única hilandera». La hiladora Jenny era un producto ideal para el trabajo en casa, y hasta los niños podían utilizarla: aceleraba la hilatura, mejoraba la consistencia del hilo y aumentaba su suministro. A su vez, la obtención de una mayor cantidad de hilo permitía una mayor producción de tela tejida y de medias de punto.[32]

Pero la cantidad no era el único problema al que se enfrentaban los fabricantes textiles ingleses. La dificultad de hilar algodón proviene de sus fibras cortas. Ya fuera usando la hiladora Jenny o las anticuadas ruecas, una hilandera inglesa no era capaz de producir un hilo de algodón con una torsión lo bastante fuerte como para que pudiera servir como urdimbre y, a la vez, soportara la tensión continuada sin romperse. Y tanto se tardaba en hilar con tortera una fibra corta de tan escaso tamaño que su precio resultaba prohibitivo. Como consecuencia, las prendas de «algodón» inglesas estaban hechas en realidad de una tela más basta llamada *fustán:* el algodón solo estaba presente en las tramas, que tenían una torsión más endeble, mientras que la urdimbre estaba confeccionada con lino.

Lo que los clientes querían, por encima de todo, eran los modernos estampados de algodón procedentes de la India, cuyas hilanderas eran las mejores del mundo en lo que concernía al algodón. Sin embargo, y a instancias de la poderosa industria de la lana británica, el Parlamento

había prohibido las importaciones indias, y, hasta 1774, llegó incluso a prohibir que los fabricantes ingleses pusieran a la venta sus propios estampados de algodón, conocidos por el nombre de *calicó.* La Compañía Británica de las Indias Orientales vendía cantidades crecientes de prendas indias a las colonias del norte de América, donde eran mucho más populares que el fustán. Los fabricantes ingleses de textil querían participar de la actividad comercial que tenía lugar en América. Para ello no solo necesitaban una mayor cantidad hilo de algodón, sino también que este fuera mejor. Hilar, observa Styles, «no es tan solo lo que atasca el proceso: es también el *sine qua non* de la calidad».

De manera indirecta, la solución llegó de la mano de las máquinas de molinaje italianas. La historia comienza con un caso de espionaje industrial, un suceso de lo más habitual en la historia de los textiles. A principios de la década de 1700, Thomas Lombe, propietario de un molino inglés, envió a Italia a su hermano pequeño, John —que tenía un gran talento para los artilugios mecánicos—, con la esperanza de que aprendiese allí los secretos del molinaje piamontés de la seda. Tras sobornar a un sacerdote para que le ayudase, John consiguió un puesto como mecánico en una fábrica de seda de Livorno. Durante el día memorizaba cada detalle de la maquinaria; por las tardes dibujaba los planos sobre papel, con la idea de pasarlos de contrabando hasta Inglaterra en fardos de seda cruda. Regresó a Inglaterra en 1716, llevando a algunos italianos (y su pericia) consigo. Haciendo uso de los planos pirateados, los hermanos construyeron una máquina de molinaje de seda de cinco plantas en la ciudad de Derby. Se inauguró en 1722. John murió ese mismo año de una larga enfermedad, según se dice causada por el veneno que le suministró un asesino italiano.

El Gobierno inglés concedió a Thomas la patente de los diseños de la máquina, satisfecho de poder recompensar a un súbdito británico la importación tecnológica de vanguardia, por ilícita que fuera la manera de obtenerla. Cuando, en 1732, la patente estaba a punto de caducar, Thomas solicitó una prórroga. En vez de aprobarla, el Parlamento le recompensó con la espectacular suma de 14.000 libras —en aquella época, unos ingresos anuales de 100 libras eran suficientes para considerar que una familia era de clase media, y de 500 libras para

considerarla rica— con la condición de que liberase los planos y un «modelo perfecto» de máquina de molinaje a fin de que otros pudieran reproducirla.[33]



Hilando en una charkha *india,* ca*. 1860, por Kehar Singh. (Museo de Arte de Cleveland)*

Poco después, un inventor llamado Lewis Paul, hijo de un médico francés refugiado, y un hombre muy bien relacionado, empezó a aplicar los principios de la máquina para la fabricación de hilo de algodón. Su ingenio sustituía con la destreza mecánica la habilidad humana: utilizaba una serie de rodillos, cada uno de los cuales peinaba y cardaba las fibras hasta convertirlas en hebras. «Su diseño guardaba asombrosas semejanzas con la máquina de molinaje que Lombe construyó en Italia: era circular, y también tenía un eje central de dirección», escribe Styles. Paul autorizó el uso de su tecnología a los inversores que conoció a través de su amigo Samuel Johnson, el célebre escritor.

El ingenio de Paul fue adoptado por diversas fábricas del norte de Inglaterra; entre ellas una de Northampton, que instaló cinco máquinas de cincuenta husos cada una, pero adolecía de problemas técnicos y solo tuvo un éxito moderado. (Los molinos también sufrieron problemas de gestión). Pero la hilatura por rodillos inspiró a

otros pensadores. «Varios caballeros casi se han arruinado con esto», admitía uno de los que se contaban entre esa cifra indeterminada, un barbero de Lancashire, fabricante de pelucas y propietario de un *pub*, llamado Richard Arkwright. Pese a que su formación no apuntaba a ello, Arkwright era un genio en lo concerniente a construir basándose en los inventos ajenos, y logró dar con una solución. En lugar de usar una estructura circular, apiló varios pares de rodillos y, para hacer las veces de los dedos de las hilanderas, colocó un mayor peso en los de arriba para que sujetaran firmemente las fibras, de manera que la torsión no pudiera girar en el sentido contrario al estiraje. El resultado fue un hilo consistente con una torsión lo bastante firme como para servir de urdimbre.

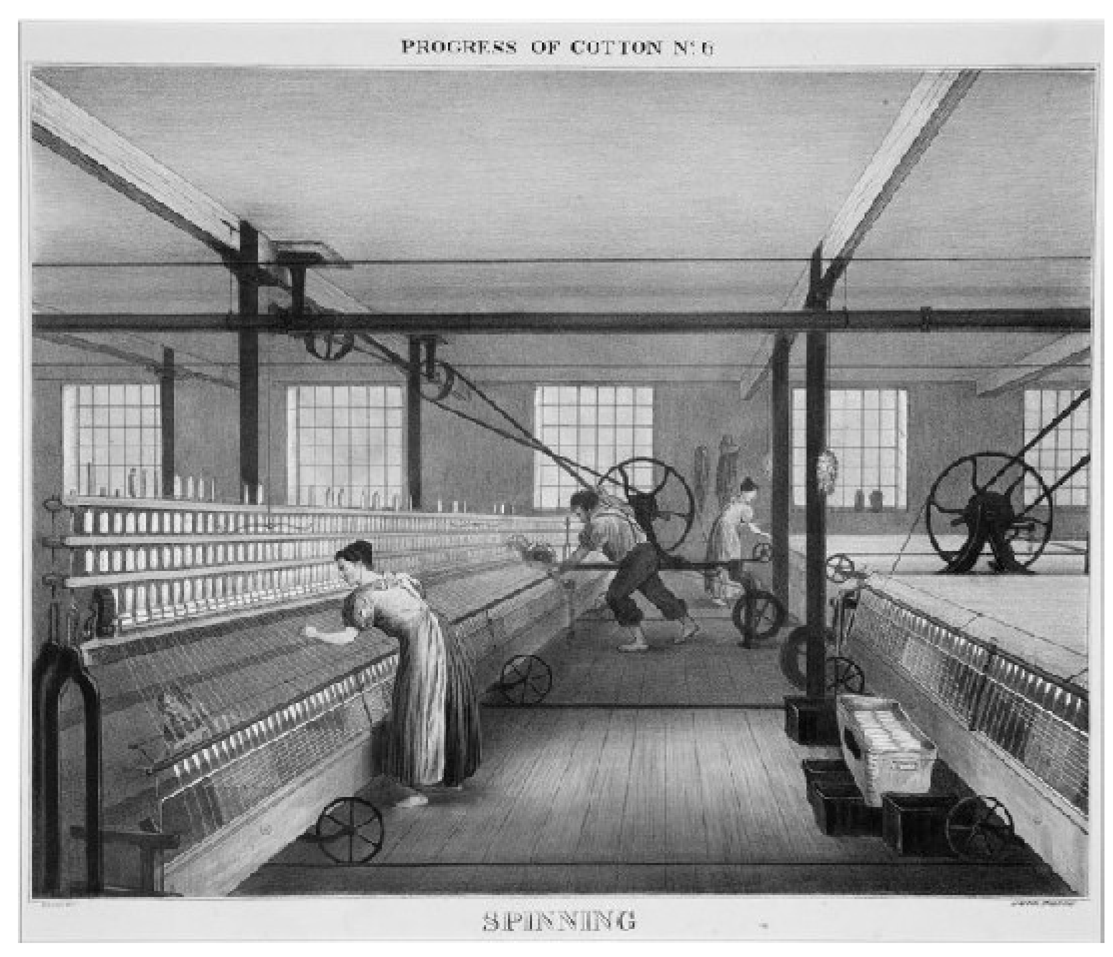
En 1768, Arkwright se trasladó a Nottingham, capital de la creación de medias de punto, consiguió un par de socios mercantiles y presentó una patente de lo que se conocería como la hiladora hidráulica. Su primera hilandería abrió en 1772, y su hilo se destinó a las medias de punto y a los calicós de algodón puro del mercado americano. Sus socios cabildearon entonces en el Parlamento y lograron revocar el veto al calicó, lo que permitió que ese material tan de moda, realizado ahora con hilo inglés, estuviera disponible de forma legal en todo el país. La hiladora hidráulica, escribe Styles, fue el «superinvento definitivo»: un tipo de tecnología que engendra otras, con consecuencias que trascienden una sola función.[34]

En unos pocos años, las máquinas hidráulicas de molinaje se habían extendido por todo el norte de Inglaterra, produciendo una cantidad hasta entonces inconcebible de hilo de algodón de bajo coste. Con el tiempo, Arkwright perfeccionó la hilatura mecánica con innovaciones hidráulicas que mejoraban la calidad del hilo e integraban el cardado y la mecha (un torsionado de fibras que las preparaba para la hilatura) en un único proceso. Por último, añadiría la energía a vapor a sus molinos. Los hombres que se encargaban de las máquinas, escribe Lemire, se convirtieron «en la primera generación de trabajadores industriales de élite. Recibían muy buenos salarios y trabajaban con tecnologías que les proporcionaban un considerable prestigio».

Pero ellos no fueron los únicos ganadores, al menos a corto plazo. En 1788, Samuel Crompton desarrolló la mula de hilar, así llamada

porque combinaba aspectos del diseño de Arkwright con las bobinas de la hiladora Jenny. (Una mula es un cruce entre un caballo y un burro, y una burra recibe en inglés el nombre de *jenny*). Por primera vez, la mula permitió a los fabricantes ingleses producir un hilo tan fino, firme y resistente como el algodón hilado a mano en la India. La producción de hilo creció tantísimo que las hilanderas eran ahora quienes ocasionaban los atascos en la producción.

«Aquellos que formaban parte del negocio de la tejeduría manual en telares disfrutaron de un dorado apogeo —escribe Lemire—: tenían tanto trabajo como querían, y unos sueldos muy elevados». Aquel dorado apogeo no iba a durar. Con el cambio de siglo llegaron los telares mecánicos, y con ellos el legendario movimiento ludita, de modo que los ganadores de ayer se convirtieron en los derrotados de la nueva economía. En una de tantas ironías de la historia, los tejedores manuales que destruyeron los telares y la amenaza que estos suponían para sus trabajos —convirtiéndose con ello en un sinónimo de la resistencia a las nuevas tecnologías— debían su amenazado sustento a los avances tecnológicos, mucho más rompedores, que con anterioridad habían tenido lugar.



Molino de hilatura del siglo XIX. *(Galería de Arte de la Universidad de Yale)*

En verdad, la generación de las «máquinas patentadas» anterior a la de Arkwright había iniciado su propio contraataque antitecnológico. Los manifestantes destruyeron parte de la maquinaria y exigieron ayudas gubernamentales. En espera de la respuesta parlamentaria, la ciudad de Wigan detuvo el «uso de todas las máquinas y motores que funcionasen con agua o caballos, para el cardado, mechado o hilado de algodón». Una petición elevada al Parlamento explicaba que el «mal en cuestión es la introducción de máquinas y motores patentados, de diversos tipos, que han sustituido el trabajo manual hasta un grado tan alarmante y fatal que (...) muchos miles (...), junto con sus familias, penden de un hilo por falta de empleo».

El Parlamento encargó un informe, pero decidió no actuar. «Se ha abierto una valiosísima fábrica de calicó en dicho condado para el uso de máquinas patentadas», concluía. Pese al perjuicio causado, la nueva

tecnología estaba creando nuevos tipos de puestos de trabajo y beneficiando al conjunto de la nación.

Un panfleto con el prolijo pero expeditivo título de *Algunas reflexiones sobre el uso de máquinas en la fabricación de algodón. Dirigido a los trabajadores de ese ramo y a los pobres en general* planteó un caso que podía también aplicarse a la música en *streaming*, a los coches automáticos, a las entregas a través de drones y a cualquier otro miedo a que los robots nos quiten el trabajo.

> Aquellos a los que han echado de sus antiguos trabajos encontrarán o aprenderán otros nuevos. Aquellos que ahora cobran menos por su labor pondrán los ojos en otras ramas más lucrativas. Aquellos que, por haber sido los primeros en crear nuevos inventos, obtienen una ganancia desproporcionada, pronto encontrarán tantos competidores que tendrán que rebajar las condiciones para la prestación de sus servicios, y reducir sus beneficios (…). De hecho, la producción de algodón es casi un nuevo negocio. Los tejidos y la calidad de los bienes que producimos han cambiado de un modo asombroso. ¿Cuántos tipos nuevos de prendas se fabrican en tantísimas cantidades que no hubiera sido posible fabricar, al menos en cantidades semejantes o a un precio tan barato, sin ayuda de nuestras máquinas?[35]

Aunque se mostrara, tal vez, demasiado confiado acerca del destino inmediato de la gente, el autor del tratado estaba en lo cierto en términos generales. Al producir aquella abundancia de hilos, las «máquinas patentadas» cambiaron el mundo. Los objetos de primera necesidad, ya fueran velas o prendas de vestir, ropa de cama o sacos de harina, se tornaron de repente más baratos, más variados y más fáciles de obtener. Las mujeres se vieron liberadas de sus ruecas y sus torteras. Era el comienzo de lo que la historiadora económica Deirdre McCloskey llama «el Gran Enriquecimiento», un despegue económico que se prolongó durante varios siglos y que elevó los estándares de vida en todo el mundo. De igual modo a como la cuerda permitió a los primeros humanos conquistar el mundo, la abundancia del hilo creó un efecto en cadena en casi todos los aspectos de la vida.[36]

Con una población de diez mil habitantes, Jefferson (Georgia) se encuentra en la perpendicular de Atlanta por la Interestatal 85, a una hora al nordeste de donde la descontrolada expansión suburbana da

paso a bosques y pastos. Hasta hace unas pocas décadas, esas pequeñas ciudades del sur suministraban buena parte del hilo y las telas del mundo. El destino sempiternamente cambiante de los textiles las convirtió en las sucesoras de las ciudades productoras de Nueva Inglaterra y el norte de Inglaterra. Ahora, la mayor parte de las fábricas textiles de la región están cerradas, al haberse visto reemplazadas por las nuevas plantas de China y el sudeste asiático, con una mano de obra más barata. Solo perduran los competidores más duros.

He acudido a visitar, recién salida de una feria comercial de textiles de alta tecnología de Atlanta, una de esas élites supervivientes, Buhler Quality Yarns Corp. [Corporación Buhler de Hilos de Calidad], que se autodefine como «el proveedor líder de hilos de numeración alta de los Estados Unidos». Fabricado con algodón Supima de fibra larga (una marca registrada del algodón americano *Gossypium barbadense*, de fibra larga, perteneciente a la variedad conocida, de forma genérica, como «pima»), su hilo de algodón tiene aproximadamente un 30 por ciento más de fibras que el algodón estándar que se cultiva en el norte (el *Gossypium hirsutum*, que domina el mercado mundial). Gracias a sus fibras, más largas y más abundantes, el tejido final resulta más suave y brillante, y menos propenso a romperse o formar bolitas. No obstante, esas ventajas tienen un precio muy alto. «Si no es el mejor, no lo hacemos», dice David Sasso, vicepresidente de ventas de Buhler. Para aquellos clientes que buscan el precio más bajo, el ganador siempre será otro.

Para mi visita, me he vestido con una camiseta de ocho dólares que de ordinario no me hubiera puesto en una reunión de negocios, por informal que fuera el escenario. Hoy lo hago como homenaje a mis anfitriones. Es muy probable que esta mezcla suave en extremo de modal, una fibra carísima basada en la celulosa, y algodón pima de fibra larga, provenga de esta fábrica. Buhler provee a los grandes almacenes donde la compré. «Este es el mejor valor del mercado —se jactó Sasso el día anterior, mostrándome una camiseta de idéntico precio y de la misma marca—. Es el precio de un par de *whoppers*. Así es como funciona una cadena de suministro eficiente: ocho dólares, utilizando las fibras más caras del mercado».

En el negocio mundial de la hilatura, Buhler encarna al pez más pequeño. Su edificio, de una sola planta y casi sin ventanas, ejemplo de la arquitectura típica de mediados del siglo XX, cuyo exterior de ladrillos color claro desentona con las fachadas rojas del lugar, alberga una planta dotada con treinta y dos mil ruecas. La fábrica emplea a 120 trabajadores que dividen sus tareas en cuatro turnos.

Aunque en alguna parte debe de haber treinta personas, la planta de la fábrica parece casi desierta. En la sala de almacenamiento, el conductor de una carretilla elevadora alinea montones de más de 220 kilos de algodón de California. El brazo de la máquina, que tiene el ancho de dos balas, se desplaza de manera ininterrumpida a lo largo de una hilera de treinta, retirando de los montones capas y capas de fibra y succionándolos hasta un canal situado en una zona elevada. De ahí, la fibra pasa por un ciclo de limpieza, al que sigue el cardado, el peinado y las recurrentes etapas de la torsión.

Cada paso está casi del todo automatizado. Uno de los pocos humanos visibles es una mujer con una camiseta naranja y unos tejanos cortos —el algodón requiere un ambiente húmedo y cálido— que recoge las bobinas que las diversas filas de seiscientos husos que tiene delante van llenando de hilo. Un supervisor con un *walkie-talkie* en el cinto y unos cascos de color naranja, para evitar el ruido, colgados del cuello camina por la planta. El lugar es muy ruidoso, aunque no ensordecedor. Se me pegan a la camiseta algunos restos, pero el aire es filtrado por un sistema de aspiración que se deshace de la mayor parte de las fibras.

La hilatura lleva tanto tiempo entre nosotros que es fácil imaginar que se trata de una tecnología desarrollada por completo. Nada más lejos de la realidad. «Si ves alguna de las fábricas actuales, el número de personas de la planta no ha variado» durante la última década, aproximadamente, «pero la producción se ha multiplicado quizá por dos o por tres», dice Sasso. Me muestra, no sin presunción, un nuevo sistema llamado hilatura por chorro de aire. En lugar de retorcer el algodón para conseguir hilo, la máquina dispara sobre la superficie del algodón un chorro de aire que envuelve las fibras exteriores en un determinado ángulo alrededor de la cara externa. Las nuevas máquinas son menos ruidosas que sus predecesoras y mucho más rápidas.

«Contamos con 120 personas en el proceso de fabricación y estamos produciendo más de tres millones de kilos» al año, dice Sasso. «Tendremos 120 personas en nuestra fábrica, y una vez que instalemos esto vamos a producir cerca de cinco millones de kilos». Sasso calcula que esta cantidad supone suficiente hilo para tejer unos 18 millones de camisetas de mujer, superando así unos meros 14 millones. O, para expresarlo con términos que una hilandera del pasado podría comprender, con las máquinas antiguas cada trabajador produce unos 30.000 kilos de hilo al año, y unos 37.000 con las nuevas: suficiente hilo para que Anna Codde estuviera hilando durante tres siglos.[37]

Capítulo 3

TELA

El cerebro despierta y con él regresa la mente... Sin demora, el conjunto de la cabeza se convierte en un telar encantado donde millones de centelleantes lanzaderas tejen un patrón que se va disolviendo, un patrón de sempiterno significado, aunque ninguno logre perdurar.

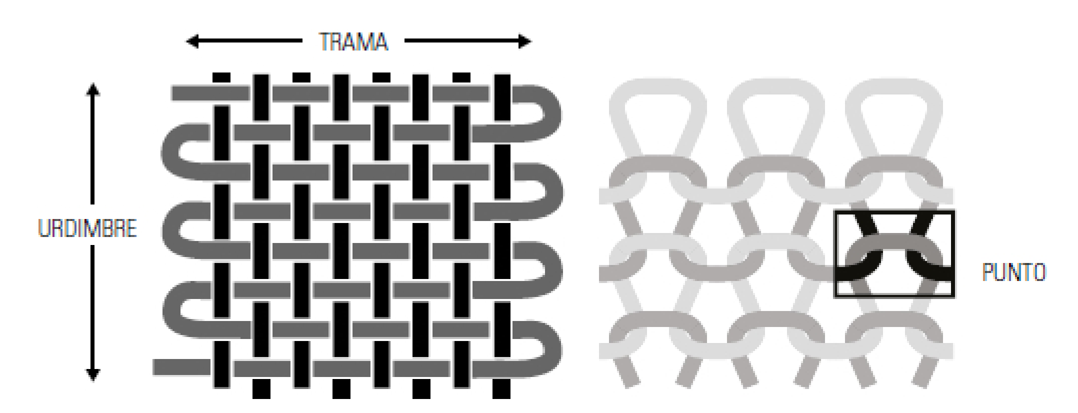
SIR CHARLES SHERRINGTON, neurofisiólogo,
Man on his nature, 1940

Gillian Vogelsang-Eastwood entrega a cada uno de sus seis estudiantes dos varillas de bambú, dos hilos de color y un pequeño marco de madera con filas de clavos en cada extremo. Con esto tenemos, dice, «suficiente para crear un telar que funcione como es debido. Este es el comienzo de la Revolución Industrial. Adelante con ello».

El problema es más complicado de lo que parece. Una vez has urdido el telar al liar el hilo alrededor de cada clavo, lo fácil es usar una de las varillas para sujetar cada uno de los hilos restantes y tejer la primera hilera de la trama. ¿Pero luego qué? Si se deja dentro, la primera varilla fijará los hilos de la urdimbre. ¿Cómo haces luego para levantar la segunda hilera, y la tercera? Media hora después, a nadie se le ha ocurrido mejor manera de levantar y bajar los hilos de la urdimbre que empleando los dedos.

Vogelsang-Eastwood, una arqueóloga con numerosas publicaciones a sus espaldas y fundadora del Centro de Investigaciones Textiles de la universidad holandesa de Leiden, se recrea ante la gran revelación. Hace una presilla alrededor de los demás hilos de la urdimbre, «uno, tres, cinco, siete, nueve», y pasa una varilla entre las presillas; luego hace lo mismo con las hebras pares. Levanta una varilla, pasa la trama por su través, luego levanta la otra y vuelta. *Voilà.* Para hacer una tela

bidimensional a partir de un hilo de una sola dimensión, tienes que pensar en tres dimensiones.



Estructuras básicas de tejido y punto .(Olivier Ballou)

Vogelsang-Eastwood afirma que, a lo largo de más de una década dando clases, solo dos estudiantes han resuelto el rompecabezas. Una de las estudiantes era una hilandera que ya conocía la respuesta, la otra era ingeniera. Los antiguos que inventaron las presillas que alzaban la urdimbre, conocidas como *lizos*, eran «genios», aclara. Los pobres tontorrones que apenas sabemos tejer le damos la razón.[1]

Hilar adiestra las manos, pero tejer desafía la mente. Al igual que la música, es profundamente matemático. Las tejedoras tienen que comprender promedios, detectar números primos y calcular áreas y longitudes. Manipular urdimbres convierte los hilos en hileras, y las hileras en patrones; puntos en líneas, y líneas en planos. La tela tejida encarna algunos de los primeros algoritmos de la humanidad. Es la representación pura de un código.

Mucho antes de que la ciencia matemática estuviese en sus albores, la tejeduría llevó los ángulos rectos y las líneas paralelas a la vida cotidiana. «Los motivos textiles no representan la naturaleza salvaje, pero entre ellas hay una perfecta simetría —observa la arqueóloga Kalliope Sarri—. Las tejedoras solo podían reproducir motivos... si eran capaces de contar, dividir y sumar, si eran capaces de encontrar el centro de un círculo, la mitad de una línea, de valorar el número de colores que era preciso utilizar, la cantidad de tinte que necesitaban y, en fin, de evaluar el peso y el valor económico de sus productos». Los patrones textiles que se representan en el arte neolítico del Egeo,

escribe Sarri, «manifiestan las habilidades que poseían las tejedoras a la hora de calcular, de conceptualizar y representar formas geométricas, de crear jerarquías y evaluar tallas, volúmenes y valores».[2]

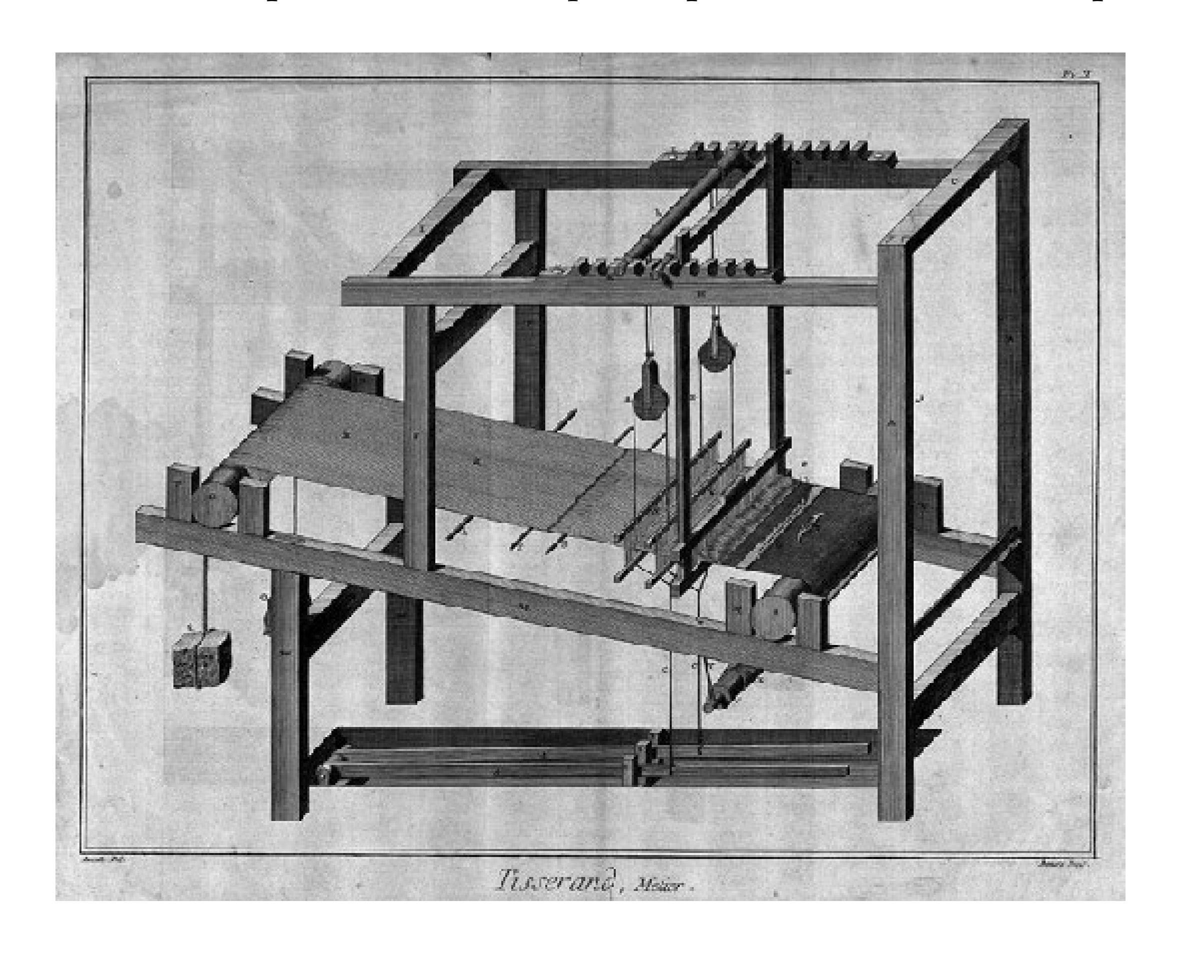


El potencial de la tejeduría de punto para construir formas tridimensionales es un reflejo de su naturaleza matemática. «Every topological surface can be knit: A proof» [«Una demostración de que cualquier superficie topológica es susceptible de traducirse en punto»] es el título de un artículo aparecido en una revista académica en el año 2009, escrito por la teórica de los gráficos topológicos Sarah-Marie Belcastro, que tejió estos objetos matemáticos: una botella Klein, un nudo tórico ortogonal con dos orificios, y (15, 6) nudos y enlaces tóricos. (© sarah-marie belcastro)

El punto, un recién llegado, no es menos matemático, sobre todo en lo que concierne a su capacidad para crear formas tridimensionales. «Every topological surface can be knit: A proof» [«Una demostración de que cualquier superficie topológica es susceptible de traducirse en punto»] es el título de un artículo aparecido en una revista académica en el año 2009. «Oculta en los intersticios de casi cualquier proyecto de tricotado —escriben dos matemáticas que hacen punto—, no solo se

halla la aritmética consistente en contar hileras y puntos, sino también los problemas estructurales cuya mejor comprensión proviene del empleo de las matemáticas abstractas».[3]

«Ya sea que uno invente una máquina elaborada en grado sumo que le permita fabricar telas, o que las fabrique mediante la construcción del marco intelectual que se precisa para los cálculos mentales complejos —observa la antropóloga Carrie Brezine—, la existencia de la tela es una demostración de la obra de las matemáticas en el mundo tangible».[4] En una cena con un grupo de entusiastas del tejido a mano, pregunté acerca de la relación entre tejeduría y matemáticas. «Todo es matemáticas», replicaron dos de aquellas personas al mismo tiempo.



Las primeras telas, con bastante probabilidad, fueron similares a redes, y se confeccionarían remallando y anudando cuerda. Más tarde, la costura inspiraría nuevas técnicas como el *nålbinding*, para lo cual se utiliza una aguja roma que pasa a través de las presillas el hilo

enrollado en el pulgar. Aunque el tejido resultante parezca punto, el proceso es bastante diferente. En el punto, un hilo continuo se curva en bucle para formar las puntadas, y solo se cruzan las presillas. El *nålbinding*, en cambio, consiste en pasar todo el hilo a través de las presillas, empleando hebras bastante cortas que la fricción va amalgamando entre sí cuando se acaban. Como no requiere de hebras continuas y largas, no es preciso tener gran destreza en la hilatura, y el tejido no se deshace cuando se rompe una presilla. Los arqueólogos han hallado telas similares en lugares tan remotos como la cueva de Nahal Hemar, en Israel, y la cuenca del Tarim, en el noroeste de China.[5]



En el telar de suelo europeo que se muestra en la página anterior, según una recreación de la Encyclopédie *del siglo XVIII, la urdimbre se enrolla a unos postes, y unas poleas controladas mediante pedales levantan las varillas del lizo. Se puede ver la parte delantera del telar donde se sienta la tejedora en la parte derecha del grabado. Las tejedoras de tela kente de Ghana alternan entre dos juegos de lizos, controlados por unos pedales hechos con cocos, para crear los característicos bloques alternos del tejido. Para llevar a cabo el trabajo es preciso prever la forma en que se mezclarán los motivos cuando se cosan entre sí las franjas de una pieza grande de tela. (Wellcome Collection, Philippe J. Kradolfer)*

El entrelazamiento de hilos perpendiculares de la tejeduría representa un gran avance conceptual, que multiplica muchísimo el número de posibles motivos. Aunque los telares presentan una asombrosa variedad de formas, cada uno lleva a cabo dos cosas: mantiene tensa la urdimbre, y permite decidir a la tejedora si la sube o la baja, creando una *calada* a través de la cual pueda pasar la trama. Tejer representa el primer sistema binario, cuya antigüedad es de al menos veinticuatro mil años. Urdimbre-trama, por encima-por debajo, arriba-abajo, encendido-apagado, uno-cero.[6]

Las posibilidades son astronómicas. Los hilos pueden dejarse algo sueltos o quedar apretados, o combinarse al gusto. La trama y la urdimbre pueden tener la misma relevancia, o una puede tapar a la otra. Los hilos pueden tener distintos colores o texturas, o estar hechos de materiales diferentes. En función de los hilos de la trama que la tejedora decida levantar, es posible alterar la apariencia y las cualidades estructurales del tejido resultante. Tejer, dice una artista tejedora, «es algo cuyo final nunca llegas a ver, independientemente de lo mucho que vivas».[7]

En lugar de dos varillas de lizo para sujetar los hilos pares e impares, podrían emplearse tres, que permitan levantar los hilos 1, 4, 7 y 10; los hilos 2, 5, 8 y 11; y los hilos 3, 6, 9 y 12. El resultado serían las diagonales típicas de la sarga, en lugar del sencillo por arriba-por abajo del *ligamento tafetán* (también conocido como *tabby*). Cambiar el orden en el que se suben y bajan las barras permite más variantes, entre ellas espigas y diamantes. Añadir hileras de lizos multiplica todavía más el número de posibles permutaciones. El color introduce aún más.

La suave superficie del *raso* se consigue resolviendo un puzle semejante a un sudoku: ¿cómo escondes las intersecciones de trama y urdimbre y a la vez evitas las evidentes diagonales de la sarga?[8] Juntas o por separado, estas tres estructuras básicas —ligamento tafetán, sarga y raso— pueden engendrar incontables motivos.

Antes de que una sola hebra de la trama cruce la urdimbre, la tejedora deberá establecer el motivo y la estructura del tejido. Hasta el ligamento tafetán precisa de un plan previo: ¿habrá que alternar hilos sueltos o más de un hilo? ¿Tendrá rayas, cuadrados simples, cuadros escoceses, creados con diferentes colores o texturas? ¿Y el tejido? ¿Será

de *doble tela*, donde se eligen los hilos de la urdimbre para crear dos capas separadas? ¿Destacarán por igual los hilos de la trama y los de la urdimbre, o uno se verá más que el otro? Estas preguntas determinan qué materiales usar, la manera previa en que se habrá de hilar el lizo y espaciar la urdimbre, y la firmeza que se le dará a la trama. Con la sarga y el raso, las opciones se multiplican todavía más.

«El arte de tejer es principalmente un asunto matemático. Consiste en comprender patrones, en comprender la estructura», dice Tien Chiu, exdirectora de proyectos de Silicon Valley que «abjuró de las matemáticas» —abandonó la escuela de posgrado— y ahora se dedica a una carrera artística como tejedora. Desde el punto de vista de las matemáticas, observa Tien Chiu, la hilatura del raso plantea los mismos interrogantes que aquello que en el ajedrez conocemos como el problema de las ocho reinas: si tenemos ocho reinas, ¿cómo habría que colocarlas en el tablero para que no compartan filas, columnas o diagonales y se evite que una reina se coma a otra? En el raso, las reinas son aquellos puntos en los que la trama y la urdimbre se cruzan, que es lo que sujeta la tela. Visualizar la estructura de un tejido, explica Chiu, «para mí no es distinto de visualizar álgebra abstracta».[9]

A los tecnólogos de hoy les encanta contar que a principios del siglo XIX Joseph-Marie Jacquard empleaba tarjetas perforadas para elegir los hilos de la urdimbre, y que este invento inspiró la máquina analítica de Charles Babbage, precursora digital de los ordenadores. «Podemos decir, sin temor a equivocarnos, que la máquina analítica *teje patrones algebraicos* del mismo modo en que el telar de Jacquard teje flores y hojas» fue la célebre frase de Ada Lovelace. (El subrayado no es mío). Es el único retal de historia textil que todo amante de la tecnología parece conocer.[10]



Para tejer patrones en un telar de cintura andino es preciso comprender las formas de la simetría. (iStockphoto)

Pero Jacquard llegaba tarde. Para cuando inventó el accesorio que permitía controlar el telar con una tarjeta, los tejedores de carne y hueso habían estado imaginando, recordando y conservando complejos motivos o, durante miles de años, sacando provecho de las matemáticas implícitas.

En los Andes, las mujeres visten tradicionalmente un colorido manto conocido como *lliclla*, que a menudo emplean para llevar a sus bebés. Aprender a tejer la lliclla es un rito de paso; la tejedora, por lo general una madre primeriza, pasa a un telar más ancho después de varios años fabricando estrechos cinturones. A Ed Franquemont, un americano que se estableció en la villa peruana de Chinchero en 1976 para aprender la técnica del tejido andino y, de este modo, preservarla, su primera lliclla supuso un particular desafío para él.

La tela presenta un característico motivo a rayas que se alterna con sólidas franjas de color. Para producir el diseño hay que empezar

enrollando un número preciso de hilos de urdimbre en la secuencia adecuada de colores: una tarea ejecutada por una tejedora experimentada, o «compañera de urdimbre». Para la lliclla de Franquemont, la maestra tejedora Benita Gutiérrez enrolló las urdimbres que se usan en los motivos *k'eswa* y *loraypu.* Sin embargo, al contrario de lo que sucede con la típica tejedora lliclla, Franquemont no había pasado años perfeccionándose en los motivos tradicionales. Conocía el *loraypu,* que contiene una forma de S en el interior de un diamante, pero confesó que nunca había tejido la *k'eswa,* que forma un zigzag.

«Benita me miró un momento, y luego esbozó una amplia sonrisa», recordó.

«"¿Quieres decir que sabes *loraypu*, pero no *k'eswa?*", preguntó, y comenzó a llamar a los vecinos y a los peatones para compartir el chiste. Enseguida me vi rodeado por una docena de mujeres que reían a placer mientras los dedos de Benita trazaban la *k'eswa* que está dentro de un *loraypu*».

Resultó que el *loraypu* está formado por la unión del *k'eswa* con su imagen especular. Franquemont había visto solo las formas finales, y no acertó a percibir el patrón esencial. Había pasado por alto la simetría, las matemáticas que subyacen en el motivo... y la clave para recordarlo, reproducirlo y embellecerlo. Para las tejedoras andinas, escribió más tarde Franquemont, «aprender a tejer no solo supone el dominio de las técnicas y procesos de trabajo con el telar, sino también dominar los principios de las operaciones simétricas que construyen estructuras complejas a partir de fragmentos de información relativamente sencillos».[11]

En un influyente artículo de 1988, el matemático Lynn Arthur Steen propuso una definición de su campo más amplia que la tradicional «ciencia del espacio y los números», con sus raíces en la geometría y la aritmética. «Las matemáticas son la ciencia de los patrones», escribió.

> Los matemáticos buscan patrones en los números, el espacio, la ciencia, los ordenadores y la imaginación. Las teorías matemáticas explican las relaciones entre patrones; funciones y mapas, operadores y morfismos unen un tipo de patrón a otro para producir estructuras matemáticas duraderas. Las aplicaciones matemáticas emplean estos patrones para «explicar» y predecir fenómenos naturales que encajen en los patrones. Los patrones

> sugieren otros patrones, lo que a menudo produce patrones de patrones. Los matemáticos, de esta manera, seguimos la lógica propia del patrón, empezando por los patrones de la ciencia, y cerramos el círculo al añadir todos los patrones que se derivan de los iniciales.[12]

La palabra «matemáticas» alude tanto a la exploración científica de los patrones como a la naturaleza de los propios patrones. Las simetrías del tejido andino son estructuras matemáticas. La teoría de grupos que las describe es ciencia matemática. En ambos casos, «los patrones sugieren patrones», incluidos «patrones de patrones». Como el *monsieur* Jourdain de Molière, que hablaba en prosa sin darse cuenta de ello, los tejedores también hacen matemáticas. Sin embargo, fue preciso un genio matemático, al igual que ocurrió con el movimiento de los planetas, para identificar y describir en primer lugar los patrones abstractos.

Mientras crecía en la Alemania Oriental, a la pequeña Ellen Harlizius-Klück le fascinaban los textiles y las matemáticas, la estética y la lógica. Cuando años más tarde ingresó en la universidad, decidió estudiar arte y matemáticas para combinar sus diferentes intereses. Su idea era convertirse en profesora.

Uno de los cursos se centraba en los *Elementos* de Euclides, el texto clásico de demostraciones y definiciones matemáticas famoso por su geometría. Cada estudiante debía presentar una sección, y a Harlizius-Klück le tocó la tarea menos glamurosa: la aritmética. «Dije: "Oh, no, por favor, me encantaría hacer geometría. ¿A quién le interesa la aritmética?"», recuerda.

La respuesta del profesor nunca la olvidaría. La aritmética, le dijo, está en los fundamentos del sistema lógico de pruebas de Euclides. No tiene el mismo reconocimiento, explicó, porque los historiadores no entienden el motivo por el que fue desarrollada. (Se cree que muchas de las ideas que atesora son anteriores a Euclides, que escribió hacia el año 300 a. C.). La geometría tiene aplicaciones obvias en el mundo real. En cambio, la aritmética parece que se limita a jugar con los números: «Si se suman tantos números impares como se quiera y su cantidad es par, el total será par» (libro IX, proposición 22), o «Si un número

impar es primo con respecto a algún número, también será primo con respecto al doble» (libro IX, proposición 31).[13] Con toda su belleza y rigor, esta parte de los *Elementos* parece carecer de fundamento. ¿Por qué a los primeros matemáticos les interesaba tanto lo que hace que los números sean pares, impares o primos? ¿Por qué les importaba tanto si los números compartían factores comunes?

«Es como si los números pudieran ser amigos o parientes —dice Harlizius-Klück, y la razón de que sea así también tiene que ver con la generación de esos números. Entonces, los números primos no tienen ni parientes ni amigos». ¿Qué significaba eso?

Los matemáticos, desde Platón hasta la actualidad, han considerado la antigua aritmética griega pura ciencia, cuya inspiración proviene de su propia lógica interna, sin estímulos externos. Harlizius-Klück se mostraba escéptica acerca de esto, y también su marido, matemático. «En la Antigüedad —asegura—, un matemático no iba a limitarse a inventar algo semejante para escribir libros sobre el tema y que todo el mundo dijera: "Oh, qué bonito". Estábamos del todo convencidos de que había algo detrás». Pero no tenían ni idea de qué podía ser.

Fue a finales de la década de 1990, casi dos décadas después de la clase sobre Euclides, cuando Harlizius-Klück empezó a tejer. Aquello le dio una idea. «Me di cuenta de que, al tejer, cuando quieres generar un motivo geométrico como un cuadrado, un rectángulo o un círculo, siempre tienes que transformarlo primero en aritmética —dice—. Porque tienes que pensar calculando hilos».[14] Todo el concepto en sí tiene que ver con pares e impares, medias y proporciones, de la misma exacta manera que la antigua aritmética. Al contrario que los pintores, los tejedores no dibujan motivos. Los construyen hilo a hilo y fila a fila, como si estuvieran dibujando sobre una pantalla mediante píxeles. Para poder hacerlo, es preciso entender el tipo de relaciones numéricas que se encuentran en los *Elementos*.

Captar el significado de los múltiplos y los números primos era de capital importancia para quienes trabajaban en los telares de peso que aparecen representados en la cerámica griega. En el telar de peso, los hilos de urdimbre, que son tensados mediante pesos de barro o de piedra, cuelgan de un marco a todo lo largo de la parte superior. El marco puede ser algo tan simple como un trenzado con las urdimbres

anudadas en derredor. Pero los antiguos empleaban algo más impresionante. Primero tejían una pieza estrecha, tan larga como iba a ser el ancho de la tela una vez terminada. Sin embargo, en lugar de ajustar la trama a ambos lados de aquella pieza, la estiraban en toda la longitud de uno de los lados, abarcando lo que sería el largo total de la tela. Cuando se completaba el marco, lo rotaban 90 grados y lo aseguraban a la parte superior del telar. Las largas tramas del principio se convertían en las urdimbres del tejido final.

Los tejedores no suelen contar sus hilos de trama, pero cuando se trabaja con el marco de un telar de peso el número exacto importa. Si la cifra de hilos de la trama convertida en urdimbre es un número primo, entonces ningún motivo repetido encajará de manera uniforme a lo largo de la tela acabada. Si, por otro lado, el propio marco tiene un motivo repetido de forma clara, alternándose, pongamos por caso, cada ocho tramas, entonces el tejido principal puede incluir cualquier múltiplo o factor común de dicha repetición: cada dos, cuatro, ocho o dieciséis hilos, etc.[15]

Tejer era algo que impregnaba toda la sociedad de la antigua Grecia. Más que un arte esencial, era una de las prácticas que definían la cultura, una práctica celebrada en las liturgias y el arte. Se menciona en veintisiete pasajes de Homero; entre ellos, en la célebre historia de Penélope, que se quitaba de encima a sus pretendientes tejiendo y destejiendo el sudario que confeccionaba para Laertes. Los poetas griegos usaban a menudo la acción de tejer como una metáfora de la creación de poesía y cantos. El *Político* de Platón, que fue el tema de la tesis doctoral de Harlizius-Klück, compara con una tejedora al gobernador ideal, que une a los ciudadanos moderados y valientes de la misma manera en que el telar une las fuertes urdimbres con las frágiles tramas. (Dicho diálogo también incluye un extenso debate sobre las etapas de la producción de lana).[16]





El telar de peso de los antiguos griegos tal y como aparece representado en un lekythos, *o aceitera,* ca. *550-530 a. C., y una reconstrucción a tamaño real con telas hechas en marco de cartonaje combinado con doble tela, realizada por Ellen Harlizius-Klück. (Museo Metropolitano del Arte de Nueva York; © Ellen Harlizius-Klück, 2009)*

Cada verano, en las fiestas de las Panateneas, las mujeres atenienses ofrecían a una estatua de tamaño natural de la diosa Atenea un manto, o *peplo,* recién tejido de color azafrán, azul y púrpura. Cada cuatro años la monumental estatua de Atenea también recibía un nuevo peplo, en este caso, tejido por hombres. La prenda era transportada a la ceremonia montada como una vela sobre un barco de tamaño real tirado por ruedas, y después, probablemente, se colgaba en la pared que había detrás de la estatua. Tejidas en cada peplo había imágenes de la batalla entre los dioses y los gigantes. Ya fuera pequeña o grande, aquella tela tejida de forma especial, cuya ofrenda es el motivo central de los mármoles del Partenón, que se encuentran en el Museo Británico, simbolizaba la unidad de las polis atenienses.[17]

Así que, aunque sea especulación, es razonable imaginar que los

primeros matemáticos griegos sabían lo suficiente sobre la tejeduría como para verse inspirados por sus operaciones lógicas (como también, con bastante probabilidad, por la exploración de tierras) y adoptar de todo ello ejemplos geométricos. Cuanto más examinamos la aritmética de los *Elementos* a través de la lente del tejer, más probable se vuelve dicha relación.

Tomemos la primera proposición del libro VII de Euclides: «Dados dos números desiguales y restándose sucesivamente el menor del mayor, si el que queda no mide nunca al anterior hasta que quede una unidad, los números iniciales serán primos entre sí». Lo que esto quiere decir, en un lenguaje más corriente, es que, si se resta una vez y otra el número menor al mayor hasta que el resto que queda es más pequeño que el menor de los números, podemos afirmar, sin temor a equivocarnos, que el número mayor no podrá ser dividido de manera equitativa por el más pequeño. A la sustracción recíproca se la llama la «abuela de todos los algoritmos».[18] Tiene aplicaciones en la programación informática, pero ¿por qué les preocupaba tanto a los antiguos griegos? Tejer ofrece una posible respuesta.

Supongamos que queremos hacer un motivo de sarga con forma de diamante que se repita cada 19 hebras. La tela tendrá más o menos un metro de ancho, con 25 hilos de urdimbre cada 2,5 centímetros, lo que nos da un resultado de 1.000 hebras de urdimbre. ¿Se ajustará el patrón de manera regular? Si no, ¿cuántos hilos de urdimbre más necesitaremos? Empleando nuestros números indoarábigos, es muy sencillo efectuar el cálculo. Pero los griegos tenían un sistema numérico mucho más tosco, basado en el alfabeto. Para hacernos una idea de la dificultad que dicho sistema entrañaba, intentemos emplear los números romanos y dividir M entre XIX.

Para una tejedora, la manera más fácil de averiguar la respuesta consiste en agrupar 19 hilos a la vez, alternando los lados de la urdimbre, hasta terminar con un resto de 12 hebras en el medio. Podemos añadir las 7 urdimbres que faltan al final de la fila, haciendo que el total sea divisible por 19. Pese a contar con un sistema decimal más sencillo —por no mencionar las calculadoras electrónicas—, todavía hoy las tejedoras manuales hacen esa división por resta sucesiva a mano porque tiene sentido, tanto táctil como visual. Esta

práctica sirve como ejemplo de lo que para Brezine era una «prueba de que las matemáticas operan en el mundo tangible». Pero convertir un método práctico y mundano en una generalización abstracta exigía un salto puramente científico de la imaginación.

Tanto hoy como en el pasado, la mayoría de las telas tejidas son ligamento tafetán. Esta clase de tela requiere planificar y preparar con sumo cuidado el telar, en especial si se va a trabajar con colores variados, pero no precisa de una gran concentración. Los motivos son más exigentes. Ya se trate de simples sargas o elaborados brocados, la disposición de sus hilos es más compleja, y a menudo intervienen muchos árboles diferentes de lizos. A medida que se teje, el motivo obliga a la tejedora a pensar en el paso siguiente y recordar el paso anterior. Una distracción, y corre el riesgo de perder el hilo. Cuanto más complicado el motivo, más esencial se vuelve la atención continuada de la tejedora... y mayor el desafío de recordar qué hay que hacer.

Para preservar los motivos, las tejedoras manuales contemporáneas usan papel cuadriculado, aunque a veces cuentan con el apoyo de programas informáticos. (Los telares industriales están computarizados). El diagrama, o *patrón,* consta de cuatro partes: un gráfico de cómo deben hilarse los lizos; un esquema de la tela finalizada (cuadrados oscuros para los hilos de urdimbre en la parte superior, y cuadrados blancos para la trama); un gráfico que indica qué árboles habrán de levantarse a la vez, y, si el telar tiene pedales, cuáles hay que atar al mismo pedal; y un gráfico que muestra el orden en el que deben emplearse dichas combinaciones para cada fila de tramas, o *pasada*.

El papel a precio asequible es un recurso, sin embargo, relativamente reciente, y la tejeduría de motivos complejos se remonta a miles de años atrás. A lo largo del tiempo, las tejedoras han desarrollado diversas técnicas mnemotécnicas y tecnologías de almacenamiento.

Un enfoque común es memorizar patrones modulares, sus relaciones y las reglas para crearlos, como Franquemont aprendió a hacer en Perú.

Estos algoritmos son lo que Brezine tiene en mente cuando se refiere al «marco intelectual para complejos cálculos mentales». Una tejedora andina puede echar un vistazo a una pieza tejida de forma parcial, ver aquí y allá los errores, y decir qué toca después.

Algunas culturas, desde la Grecia homérica al Afganistán contemporáneo, han codificado el recuento de hilos en canciones y cantos. En la *Odisea,* Circe y Calipso cantan mientras tejen; escuchando su canto, Polites sabe que Circe está ante su telar incluso antes de verla, lo que sugiere que esas canciones las conocía todo el mundo en aquella época. Según escribió un viajero europeo, las tejedoras de alfombras de Asia Central del siglo xix cantaban «en un extraño sonsonete el número de puntos y el color con que debían llenar los nuevos motivos».

En Afganistán, las tejedoras, inspirándose en los pasquines de propaganda americana, añaden a sus «alfombras de guerra» imágenes de aeroplanos, las Torres Gemelas y la bandera americana. Cuando le pregunté a una tejedora cómo convierte esas imágenes en un nuevo motivo, replicó: «Yo no lo veo como una imagen. Yo veo números y hago una canción». En las culturas indoeuropeas, sugiere un arqueólogo, «los sistemas de recuento y las canciones asociadas a la producción de motivos en textiles pueden haber tenido una influencia extraordinariamente temprana en las narrativas construidas por medio del ritmo o del metro, si es que no son su fuente».[19]

El medio de almacenamiento más común es la propia tela. Al examinar los telares tradicionales que todavía se usan en Extremo Oriente, los investigadores han observado a menudo que las tejedoras consultan antiguos textiles cuyos motivos tratan de reproducir. Una tejedora del sudoeste de la provincia de Hunan, China, añadió a la parte delantera de su telar una muestra para tenerla como referencia, aun cuando decía que se sabía el recuento de memoria.[20]

Por su facilidad para el transporte y por ser compradas y vendidas con tanta frecuencia, las telas pueden llevar sus motivos a diferentes lugares. Las tejedoras son «personas con una gran instrucción visual y una enorme facilidad para los números. No necesitan tener un contacto físico con las tejedoras de otras zonas para adoptar las características de diferentes tradiciones vinculadas a las telas; les basta con poder

conseguir los textiles procedentes de otras áreas», observa una especialista en textiles que estudia la tejeduría del África Occidental, como, por ejemplo, el enriquecimiento recíproco que produjo la tela kente.[21]

Con tiempo suficiente, los artesanos experimentados pueden incluso descodificar tejidos antiguos. Partiendo de textiles arqueológicos, las tejedoras peruanas han logrado recrear las delicadas prendas de la momia Juanita, una niña inca asesinada como sacrificio religioso a finales del siglo XV.[22] La estudiosa de los textiles Nancy Arthur Hoskins ha analizado y reproducido los elaborados motivos geométricos que aparecen en los paneles de la túnica del faraón niño Tutankamón, así como en el cinto y el cuello, y, al hacerlo, ha demostrado que las antiguas tejedoras utilizaban casi con seguridad hilos de tramas, en vez de hilos de urdimbre, para crear los motivos.[23]

El tejido de punto es una habilidad mucho más reciente: los primeros ejemplos conocidos se remontan, como muy pronto, al Egipto islámico, esto es, a hace unos mil años.[24] Aquí, también, los profesionales modernos descodifican y reproducen textiles arqueológicos para comprender mejor su construcción. Partiendo de fotografías, la tejedora de punto Anne DesMoines pasó dos décadas produciendo copias de los complejísimos motivos de las medias halladas en la tumba de Leonor Álvarez de Toledo (la esposa de Cosme I de Médici), que murió en 1562. Con los años, DesMoines hizo cuatro o cinco versiones distintas antes de conseguir lo que cree que es una réplica exacta. Al contrario que las modernas tejedoras de punto, DesMoines entendió que a los creadores de las medias no les preocupaba si los motivos de fondo eran simétricos. Además, dice, «se ve con claridad que estaban hechas en un taller, puesto que la segunda media no es igual que la primera». Cada una de las medias contiene nueve paneles, pero se unen en lugares diferentes en la parte de atrás.[25]

Antes de realizar sus reproducciones, DesMoines y Hoskins llevaban décadas tejiendo y haciendo punto, adquiriendo la pericia necesaria para copiar la ingeniería de aquellos complejos motivos. Para preservarlos, confiarse tan solo a la tela conlleva un gran riesgo. Hacerlo presupone que cada nuevo profesional contará con un

profesor que traducirá su código intrínseco a la práctica manual. La creación de motivos no ha dejado de ser un conocimiento reservado a unos pocos.[26]

Eso explica por qué lo que Marx Ziegler hizo resulta tan radical. A Ziegler, maestro tejedor de la ciudad de Ulm, al sur de Alemania, le horrorizaba ver que los comerciantes textiles de la ciudad recurrían a proveedores de lugares tan remotos como Holanda para satisfacer la demanda de sus famosos linos. Las tejedoras de Ulm, se quejaban aquellos comerciantes, eran incapaces de seguir la corriente de las modas del siglo XVII en lo que concernía a manteles y cortinas estampadas de cama y pared.

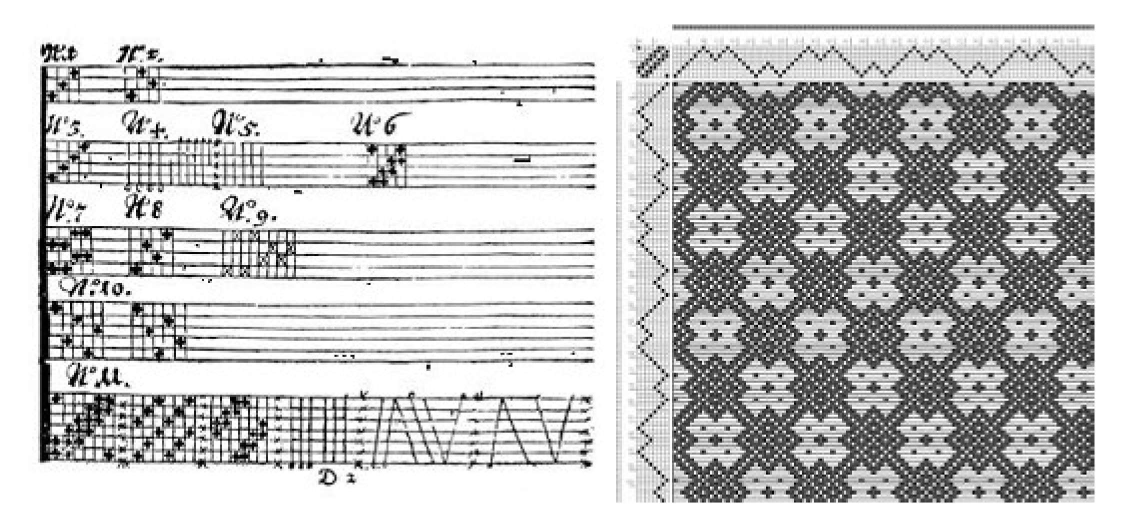
«A veces se dice —protestaba Ziegler— que sería imposible hacer algo similar en tu propia tierra, como si no se nos hubiera concedido tanta inteligencia como a otra gente». Él mismo había elaborado toda clase de textiles, desde delicados linos a pesadas alfombras, y había perfeccionado su arte hasta el punto de hacer motivos que precisaban hasta treinta y dos árboles diferentes. Tampoco pensaba que a sus vecinos les faltase iniciativa o talento.

El problema, concluyó, era que los ambiciosos tejedores de Ulm tenían pocas posibilidades de aprender a crear motivos, porque aquellos que sabían cómo hacerlos se guardaban para sí su pericia. «Hay quienes conocen el arte, pero se preocupan tanto por lo suyo que no van a revelarlo», observó. Así que, quebrantando el tradicional secretismo de su profesión, Ziegler decidió escribir un manual de instrucciones. En 1677, *Weber Kunst und Bild Buch,* o *Manual sobre el arte de tejer,* se convirtió en el primer libro sobre patrones de tejeduría jamás publicado.

Profesionalmente, Ziegler mostró mucha valentía al llevar a las prensas sus conocimientos del arte de tejer. Lo que necesitaba era un código escrito: una forma de convertir los pasos que permitían tejer los motivos en diagramas de fácil interpretación. Así como las partituras musicales indican qué notas deben sonar, el libro de Ziegler usaba líneas y papel cuadriculado para mostrar a las tejedoras la manera de hilar sus telares y los árboles que debían levantar para crear motivos específicos. Sus diagramas ponían una capa de abstracción entre la

práctica material y las matemáticas puras. Los actuales patrones de costura descienden de su notación.

El libro de Ziegler expresaba la creciente creencia de la época en compartir el conocimiento útil, actitud que un siglo más tarde culminaría en la monumental *Encyclopédie* de Diderot, con sus detallados artículos ilustrados sobre artes mecánicas, desde la creación de pelucas a la minería de pizarra, pasando por diversos tipos de tejeduría. «Sostengo que sería posible producir muchos más artistas en todas las ramas del conocimiento —escribió Ziegler— solo con que no nos faltaran editores».[27] De este modo jugó un papel fundamental en lo que el historiador económico Joel Mokyr ha llamado la Ilustración Industrial: los teóricos científicos y los artesanos prácticos empezaron a unir cada vez más sus fuerzas y a intercambiar información acerca de lo que iban aprendiendo, mientras se ocupaban de que ambos tipos de conocimiento fueran mucho más accesibles.[28]



*Una página del manual de costura original de Marx Ziegler y un patrón de costura moderno basado en su motivo 11. (*Handweaving.net*)*

Las tejedoras llevaban mucho tiempo utilizando notaciones privadas para guardar registro de sus motivos. Condenando el secretismo de sus colegas, Ziegler escribió que «los manuales deben ser un bien al alcance de las tejedoras de telares de pedal y de tiro, puesto que sin ellos nadie puede aprender a tejer ni lograr nada parecido». Pero, antes de que apareciese su libro, aquellos diagramas pertenecían al secreto

profesional. Solo cuando su código intermediario se hizo público, y por tanto visible a quienes no tejían, la tejeduría pudo inspirar a los foráneos a aprender de sus ejemplos o a aplicar su ingenio en aquel territorio hasta entonces vedado.

Tanto el libro de Ziegler como otros manuales de corte similar, escribe Harlizius-Klück, «llevaron al dominio público el arte de tejer, y su notación se estandarizó y se hizo común. Bastaba tener las notaciones cerca de la máquina para propiciar, además, en quienes no tejían un mutuo entendimiento de la interacción entre las partes del telar y la preparación del motivo; asimismo, facilitaba que ingenieros e inventores jugasen con los mecanismos, lo que al final llevó a la creación de los telares automatizados».[29]

Bouakham Phengmixay presiona el pedal de su telar, levantando el árbol que sostiene los lizos donde se hallan los demás hilos de la urdimbre. Con la mano derecha, impulsa una lanzadera de seda roja a través de la calada, y la recoge con la mano izquierda. Sujeta el *peine de telar* —que en efecto se parece a un peine—, cuyas delgadas barras verticales sostienen de forma ordenada los hilos de la urdimbre, y lo empuja hacia delante, de manera que la trama se encaja en su sitio. De seguir así, Boua, nombre por el que se la conoce, habrá creado un tejido de suave seda en ligamento tafetán de trama roja y urdimbre negra. Pero el textil que está tejiendo es mucho más colorido y complicado: lleva un intrincado motivo geométrico en blanco, rojo, negro, verde y amarillo oro. Se parece al bordado, pero de hecho es un *brocado*: la tejedora le inserta hilos de *tramas suplementarias* para crear un motivo. Al contrario que el ligamento tafetán rojo y negro, conocido como fondo, la trama suplementaria no tiene ningún papel estructural; aunque se quite, el tejido seguirá intacto. El ligamento de fondo, oscurecido en su mayor parte por el brocado, es lo que mantiene unido el material.[30]

Puesto que para el brocado se necesita que la tejedora elija los hilos de urdimbre uno a uno, también son tremendamente exigentes en términos de diseño, planificación, memoria y tejeduría. A lo largo de

los siglos se han contado entre los textiles más caros y prestigiosos, y con ellos se han adornado cortes y cortesanos desde Versalles hasta la Ciudad Prohibida. Pero en Laos, donde vive Boua, las mujeres de los pueblos vestían largos brocados de seda y los utilizaban para decorar sus hogares. Podían permitirse estas telas ornamentadas, en parte, porque ellas mismas cultivaban, hilaban y teñían la seda. No obstante, el verdadero secreto se hallaba en la ingeniosa tecnología que permitía crear y almacenar el código del patrón.

De la parte de atrás del telar de Boua cuelga una maraña de cuerda de nailon blanco, que es casi una gasa. A efectos visuales, se trata del esquelético fantasma del colorido brocado. En la práctica, es el *software* que controla el patrón.

Sus cuerdas verticales son lizos largos, de un tipo especial. Al contrario que los lizos del ligamento base, estos no se encuentran en los árboles que levantan los mismos hilos a la vez, fila tras fila. Muy al contrario, cada hilo de urdimbre puede subir o bajar de manera independiente. Los lizos son largos para dejar espacio a los cordeles de nailon horizontales que se les entreveran a todo lo ancho. Cada cordel de nailon pasa por detrás de los lizos que controlan una única fila de trama suplementaria, separando esas urdimbres del resto.

Tras añadir su fila de *tafetán* rojo, Boua alarga el brazo y coge los extremos del cordel horizontal inferior. Tira de él hacia delante para separar del resto de la maraña los lizos que el cordel tiene ante sí, luego toma los lizos seleccionados con la mano izquierda para levantar los hilos de urdimbre a los que están unidos. Con la mano derecha, inserta un palo ancho y plano, conocido como vara de lizo, bajo las urdimbres levantadas, entre los lizos del ligamento base y los lizos largos. Boua vuelve la vara de lizo sobre su propio borde para subir los hilos de urdimbre seleccionados. Una vez tiene las manos libres, Boua ya está lista para añadir la trama del motivo.

Sus ágiles dedos tiran de una plateada hebra de seda blanca y la pasan por encima de unos cuantos hilos de urdimbre, luego la pasan bajo los hilos de urdimbre levantados y por último la llevan a un lado, dejándola sobre el tejido, que va aumentando de tamaño. Sus manos se desplazan a la izquierda, repitiendo el movimiento con otra hebra suplementaria, después con otra, a veces introduciendo un nuevo hilo,

a veces alargando uno de la fila anterior. Para quien nunca haya visto el proceso, se diría que Boua está haciendo nudos. Cuando llega al final de la fila empuja el peine hacia delante, para luego volver la vara de lizo sobre su parte plana. Allí donde se han levantado las urdimbres vemos la base un poco rebajada de negro y rojo; los colores rellenan el resto. Boua presiona el pedal y añade una nueva fila de rojos, construyendo así el ligamento base que sirve para afirmar el diseño. Nuestra tejedora puede entonces elegir un nuevo cordel de la red y controlar una disposición diferente de lizos, o repetir la fila previa del motivo girando la vara de lizo de nuevo sobre su lado. Los colores son decisión suya.

Ya sea copia de un tejido antiguo o un diseño a partir de un esbozo, puede tardarse meses en crear la plantilla de cordeles de un brocado laosiano. Para cada hilo de trama suplementaria, una maestra tejedora como Boua ha de escoger, en primer lugar, los hilos de urdimbre que desea, levantándolos con un palo afilado. Insertará después un cordel en presilla por detrás de los lizos largos atados a dichos hilos, y los colgará de unos postes que habrá a cada lado del telar; luego repetirá el proceso para la siguiente fila, apilando verticalmente los cordeles. El proceso, que se asemeja a la programación de ordenadores, requiere habilidad y concentración. Pero, una vez que la plantilla está terminada, cualquier tejedora que conozca el telar podrá usarla. Si una tejedora quiere cambiar un motivo, no tiene más que enrollar la madeja antigua, guardarla e instalar una nueva.[31]

Añadir hilos de trama decorativos (o de urdimbre en algunos casos) es una práctica antigua, que se remonta a hace al menos cinco mil años, hasta los tejedores neolíticos cuyas obras se han conservado en las marismas de los Alpes suizos.[32] En muchos casos, como los elaborados tejidos incas hechos en telares de cintura, las tejedoras escogían el motivo hilo a hilo a medida que avanzaban. Pero las tejedoras laosianas no fueron las únicas que desarrollaron un mecanismo de almacenamiento. Los pueblos moanas de las remotas montañas al nordeste de China usan un cesto parecido a un barril de varillas de bambú donde se reproduce el motivo, y que va rotando a medida que progresa la tejeduría. En la provincia de Guangxi, situada en el sur, las tejedoras zhuang emplean un sistema similar llamado en ocasiones la

«cesta del cerdo» por su semejanza con las jaulas que los granjeros utilizan para llevar a los cerdos al mercado.[33] Al igual que en la tela laosiana, estos patrones pueden almacenarse y utilizarse más de una vez.





Vista trasera de un telar laosiano, mirando hacia la tejedora a través de los cordeles donde se teje el motivo, y vista lateral, con el tejido recién creado y el banco de la tejedora a la derecha. En la vista lateral, la vara de lizo está metida entre los lizos del motivo, a la izquierda, y el árbol de lizos del ligamento base, justo a su derecha, que levanta las urdimbres negras seleccionadas. El peine está justo delante. (Foto de la autora)

El mecanismo para elegir hilos de brocado que más influencia ha tenido es el *telar de tiro,* que con bastante probabilidad se originó en China y de ahí se fue expandiendo al oeste, con variaciones regionales desarrolladas en la India, Persia y Europa. Al contrario que la mayoría de los telares concebidos para crear motivos, los telares de tiro fueron diseñados para la producción artesanal a gran escala de largos rollos de telas lujosas, más que para la tejeduría doméstica de piezas de dos metros de largo. Permitían crear tejidos base de satén o sarga, así como tafetán. Sobre todo, era versátil, y facilitaba la producción de motivos de gran definición, con multitud de detalles.

«El telar de tiro chino es, de hecho, uno de los primeros ingenios

mecánicos capaces de reproducir intrincados motivos en color, superando a la impresión por bloques de madera del mismo periodo», escriben los investigadores Eric Boudot y Chris Buckley, cuyo trabajo documenta la historia de los telares tradicionales que todavía se usan en Extremo Oriente.[34] Si un telar laosiano es *Ms. Pac-Man*, un telar de tiro es *Grand Theft Auto*.

Imaginemos una versión mucho más grande del telar de Boua, ideada para dos personas. En lugar de una maraña de cuerdas en la parte trasera, el telar de tiro chino dispone de una torre elevada sobre la urdimbre con un asiento para un ayudante, que a menudo recibe el nombre de «chico» o «chica de tiro», y una serie de bucles con los motivos situada en lo alto. El ayudante se encarga de la tarea de sujetar y de tirar de los cordeles donde están representados los motivos, haciendo así las veces del puño de Boua y la vara de lizo. Este arreglo deja espacio a muchos más cordeles que un telar laosiano y, por tanto, da lugar a un diseño más detallado y variado. Empleando un telar de tiro, una tejedora con suficiente tiempo y pericia puede crear casi cualquier motivo.

«El precio a pagar por esta flexibilidad —escriben Boudot y Buckley— es la dependencia de un complejo mecanismo y el alto nivel de habilidad y participación que deben tener la tejedora y su ayudante, quienes han de realizar frecuentes pausas para reparar los cordeles rotos o enredados. Los textiles realizados con telares de tiro son proporcionalmente caros de producir, y el sistema solo se utiliza para los textiles más suntuosos».[35] Estos preciosos brocados adornaban altares y a sacerdotes, palacios y a reyes. La gente común rara vez poseía prendas hechas con telares de tiro. Eran demasiado complicadas de hacer.

Para adornar las espléndidas cortes de la Francia del siglo XVIII, los diseñadores más virtuosos llevaron los telares de tiro a su límite estético. En los últimos años del reinado de Luis XIV se crearon brocados de oro que mostraban formas naturalistas, como por ejemplo exóticas piñas hechas con hilos metálicos. Los motivos celebraban los últimos descubrimientos de historia natural, y demostraban la capacidad de las tejedoras para simular curvas.

A medida que pasaban las décadas, los diseños se fueron haciendo más tenues y coloridos. En lugar de la opulencia del oro, se hacían alusiones más sutiles a la riqueza y el poder. «Los diseñadores cubrieron todo el siglo XVIII con flores —dice Claire Berthommier, directora de colecciones del Museo de Textiles de Lyon—. ¿Por qué? Porque era muy difícil representar las flores en la seda. Se trata de una operación que requiere de mucha habilidad: transformar algo hecho con acuarela a algo hecho con hilo».[36] Al reproducir aquellos ramos tan realistas de flores multicolores, diseñadores y tejedoras hacían alarde de todo su talento en el manejo de hilos de colores, y proporcionaban a los compradores una nueva manera de expresar su riqueza y buen gusto. Los brocados franceses le daban la vuelta a lo que la arqueóloga Kalliope Sarri afirmaba sobre los textiles del Neolítico, pues creaban una ilusión de «naturaleza salvaje» en el seno de las geometrías perpendiculares del telar.



El telar de tiro chino, con una chica de tiro controlando desde arriba los cordeles que representaban el motivo. (Colección de Libros Raros Chinos, Biblioteca del Congreso)

Entre los diseñadores textiles de aquel siglo, fue Philippe de Lasalle (1723-1804) quien mostró mayor talento. Aclamado como el Rafael de la seda, era más bien un Leonardo orientado a los negocios. Lasalle recibió su educación artística en Lyon y París, y combinaba su talento como pintor con una comprensión profunda de las capacidades del telar de tiro, además de poseer la mente de un inventor y haber aprendido a valorar, no sin esfuerzo, la política de los textiles. En la década de 1750 desarrolló diversas fórmulas para crear tintes coloristas y duraderos en las sedas estampadas, lo que sirvió para que la Cámara de Comercio de Lyon lo desalentase ante el temor de que, debido a sus esfuerzos, la rivalidad por conseguir estampados afectara a la industria del brocado.



Ejemplo de la destreza de Philippe de Lasalle a la hora de crear diseños naturalistas en el telar de tiro. Seda e hilo de felpilla brocado sobre fondo de raso de seda, ca. *1765. (Museo de Arte del Condado de Los Ángeles)*

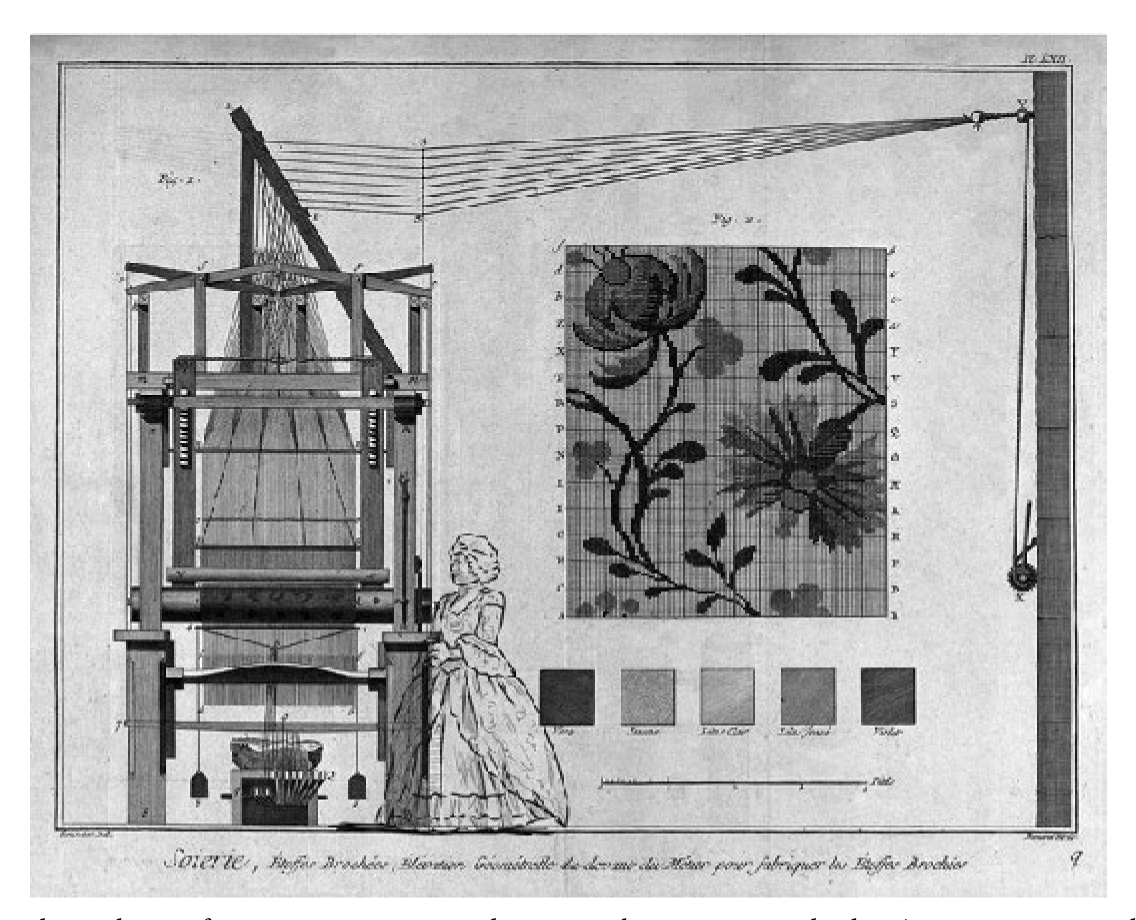
Desde ese momento, Lasalle concentró en los brocados tanto su iniciativa como sus energías inventivas y artísticas. Al alabar sus diseños, un contemporáneo suyo lo agasajó de este modo:

> Sus tejidos parecían conservar el movimiento natural de la vegetación con la elegancia añadida de un chorro de agua. La pureza de las formas, los pájaros y los insectos que animaban sus pintorescas composiciones, así como sus bellos escenarios, eran una demostración de lo que nuestra industria podía crear bajo la dirección de este inteligente artista.

Para transformar en hilo un esbozo, un diseñador de sedas debía crear, en primer lugar, una *mise-en-carte,* una versión a gran escala del diseño en papel cuadriculado, donde cada cuadrado representaba una única intersección de trama y urdimbre. El desafío que aquello suponía no se limitaba a la producción de un dibujo armonioso: también debía anticipar la manera en que aquel diseño ampliado había de transferirse a una delicada seda. Demasiados detalles le harían perder claridad. Una gradación de color insuficiente le haría carecer de elegancia. Al usar colores similares para dar sombras y detallar las diferentes texturas de los hilos, Lasalle confería a sus brocados una gran impresión de profundidad y realismo.

Una vez sobre el papel, el motivo tenía que ser codificado para su traslado al telar, un proceso minucioso en grado sumo que llevaba mucho tiempo. Un brocado de seda podía tener trescientos hilos de urdimbre cada dos centímetros y medio, y cientos, incluso miles, de pasadas de trama por cada patrón de repetición del motivo. Se podían tardar tres meses en preparar un nuevo diseño, durante los cuales el telar quedaba inutilizado para la tejeduría.

En el telar de tiro francés, el ayudante (por lo general, una mujer) no se sentaba sobre las urdimbres. En su lugar, se quedaba cerca del tejedor, y tiraba de las cuerdas verticales que colgaban junto al telar. Para preparar un motivo, una *liseuse,* o lectora, decía en voz alta los colores hilo a hilo, mientras una segunda trabajadora ataba un lazo alrededor de las cuerdas de control correspondientes, conocidas colectivamente como *semple.* Cada lazo levantaba los pesados lizos de cada hilera de trama suplementaria. El trabajo de la chica de tiro requería —o hacía que se desarrollasen— concentración y fuerza muscular. Levantar el peso de cientos de lizos y vencer la fricción de las cuerdas requería fuerza, resistencia y, en ocasiones, un equipo compuesto por varias chicas de tiro.



Los telares de tiro franceses, con sus cuerdas verticales, y un ejemplo de mise-en-carte. *La chica de tiro se colocaría (aunque no vestida con tanta elegancia) en un lado del telar, como muestra el dibujo. (Wellcome Collection, iStockphoto)*

El sistema también adolecía de un mayúsculo inconveniente comercial. Cada ramo de cuerdas estaba atado de forma directa al siguiente, lo que hacía imposible conservar los motivos para un uso posterior. Cuando se completaba un brocado, había que deshacer los nudos para dejar espacio a un nuevo diseño. Si un cliente encargaba algún motivo anterior, había que iniciar todo el proceso de nuevo. Y la tejedora no podía combinar con facilidad dos motivos en la misma tela. En la práctica eso suponía un límite tanto para el tamaño como para la variedad de los motivos.

Lasalle, que a lo largo de su carrera concibió muchas soluciones para mejorar los telares, decidió enfrentarse al problema. Tras nueve años de ensayo y error, fabricó un semple desmontable que podía prepararse por adelantado, formando un motivo cualquiera, e intercambiable según las necesidades. Un taller podía incluso preparar semples para

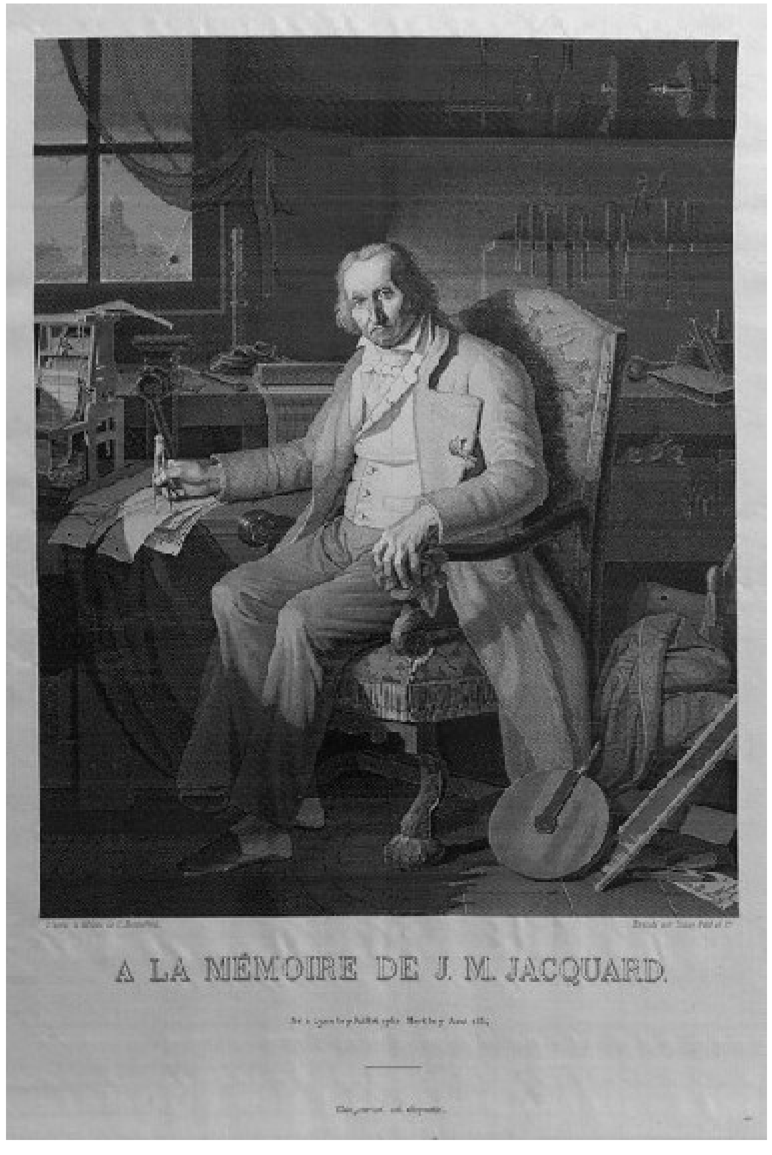
las nuevas creaciones de temporada mientras los agentes de venta se encargaban de tomar los pedidos. En una época tan centrada en la moda, reducir el tiempo de respuesta conllevaba un beneficio enorme. El semple desmontable contribuyó a que los motivos más variados y de mayor tamaño resultaran factibles desde un punto de vista económico, y le proporcionó a Lasalle un renovado aplauso tanto por su faceta de diseñador como por la de inventor.

Lasalle se anotó un tanto publicitario con los primeros retratos tejidos. Escogió a personalidades de la realeza, entre ellas Luis XV y su nieto, el conde de Provenza, y firmó sus obras en latín, en letras mayúsculas, remedando las inscripciones de los antiguos edificios romanos («LASALLE FECIT»). Su perfil de Catalina la Grande estuvo expuesto en la casa de Voltaire, lo que le abrió las puertas a nuevos encargos por parte de la monarquía rusa. «La técnica del brocado del medallón de Catalina es tan delicada —escribe una historiadora— que solo cuando se examina el reverso podemos estar seguros de que está tejido y no bordado».[37] Los retratos tejidos de Lasalle, como el semple desmontable, se adelantaban a los célebres programas de tejeduría a los que se llegaría en la actualidad.

El retrato tejido más famoso de todos no fue obra de Lasalle, sino del tejedor lionés Michel-Marie Carquillat, quien para hacerlo se inspiró en una pintura. Representa a un hombre un poco encorvado, sentado en una silla de brocado. Rodeado de diversas herramientas de carpintería y algunas partes de un telar, sostiene un compás que apoya en unas tiras perforadas de cartón. Junto a las tiras hay un pequeño modelo a escala de un telar, con un rimero de tarjetas perforadas enrolladas a manera de telas desmadejándose por su espalda. El hombre que posa para el cuadro es, por supuesto, Joseph-Marie Jacquard.

La escena tejida por Carquillat, con delicados detalles como los cristales de la ventana rajados y una cortina translúcida, es mucho más compleja que cualquiera de los retratos-camafeo de Lasalle. «Solo cuando el telar de Jacquard comenzó a utilizarse fue posible producir

un trabajo de tan extraordinario nivel de detalle», se explica en el sitio web del Museo Metropolitano del Arte de Nueva York. El retrato parece un grabado. En sus memorias, Charles Babbage cuenta que el duque de Wellington y un par de miembros de la Real Academia de las Artes confundieron justo con un grabado la versión que él tenía en su casa.[38]



Retrato de Joseph-Marie Jacquard, tejido por Michel-Marie Carquillat. (Museo Metropolitano del Arte de Nueva York)

La invención de Jacquard sirvió para que los motivos fueran más flexibles y más fáciles de almacenar que el semple desmontable de

Lasalle. Y lo que era más importante: eliminaba por entero la necesidad de un ayudante. Aunque se apoyaba en invenciones anteriores que empleaban tarjetas o papel perforado como medios de control, fue el primer diseño comercialmente práctico. Jacquard, mecánico autodidacta, aportó su experiencia personal como tejedor para solucionar el problema. «El mérito de Jacquard no es, por tanto, el de un inventor, sino el de un obrero experimentado —escribió un espectador del siglo XIX— que, al combinar lo mejor de otras máquinas de similar corte creadas por sus predecesores, logra por primera vez el éxito al obtener una estructura lo bastante práctica que puede emplearse de manera generalizada».[39]

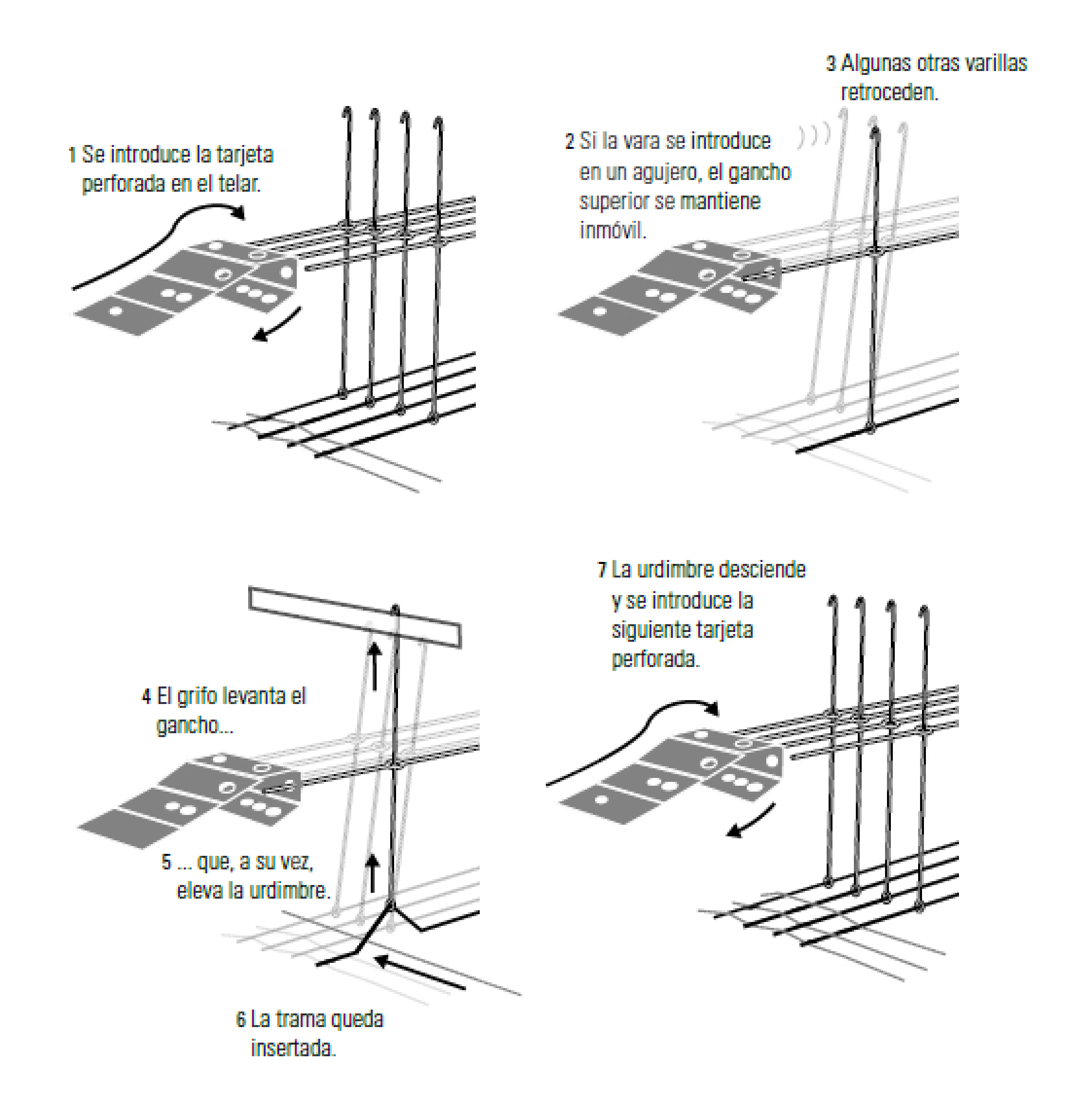
La invención de Jacquard funciona así: la cuerda que controla cada uno de los lizos y sus pesos se recoge en la parte inferior de un gancho de doble punta. El gancho pasa a través de una delgada varilla horizontal, o aguja, con un ojo en el centro, un resorte en un extremo y una punta afilada en el otro. El gancho superior cuelga de una barra situada en lo alto, llamada grifo. «La función del aparato —explica la *Encyclopaedia Britannica* de 1905— consiste en liberar esos ganchos en el orden y con la longitud necesarios para dar las sucesivas caladas».[40]

Aquí es donde entran las famosas tarjetas perforadas de Jacquard. Frente a la punta afilada que presentan las agujas horizontales hay una caja de madera rectangular, perforada, llamada *cilindro,* pese a sus lados planos: se trata de una de las mejoras de Jacquard a un diseño anterior, cilíndrico de verdad. En cada lado del cilindro encaja una única tarjeta que representa una fila de la trama. Las tarjetas para el motivo completo están cosidas entre sí, formando un cinto.

Cuando la tejedora pisa el pedal del telar, el cilindro retrocede, rota y avanza hacia la siguiente tarjeta. Luego retoma su posición para tocar las agujas. Si una aguja entra en un agujero, el gancho que tiene encima se mantiene inmóvil. Si no detecta un agujero, la vara retrocede y activa el resorte, movimiento que hace que se deslice el gancho y lo retira de su posición en el grifo. El grifo, entonces, se alza, levantando a su vez los ganchos que continúan anclados a él y también las urdimbres. Una vez que la tejedora inserta la trama, el grifo vuelve a ocupar su lugar. Este sistema automatizado permite a la tejedora

controlar cada hilo de urdimbre de modo individual, sin tener que depender de un ayudante.

Jacquard no inventó el almacenamiento ni los motivos digitales. Lo que inventó fue una manera de automatizar su ejecución. «La idea importante de verdad, la única en la que Jacquard fue, sin duda, pionero, es el concepto de introducir tarjetas perforadas de manera automática en el sistema de control del telar —observa el autor de libros científicos James Essinger—, de forma que, a todos los efectos, el telar se aprovisiona continuamente de la información que necesita trasladar a la siguiente fila por tejer». Cuando el ingenio de Jacquard se patentó en 1804 «fue, sin lugar a dudas, el mecanismo más complejo del mundo», escribe Essinger. Para que funcionara de forma adecuada, era necesario diseñar y producir al milímetro cada una de las partes.



Cómo funcionaba el mecanismo controlado por tarjetas perforadas de Jacquard. (Olivier Ballou)

Aquel complicado mecanismo simplificaba muchísimo el proceso de tejer, incluso cuando se trataba de tejidos sin tramas suplementarias. Los telares ya no necesitarían más pedales múltiples que controlaran los lizos para el ligamento base... ni para las telas normales y corrientes. La tarjeta se ocupaba de todo. Lo único que la tejedora tenía que hacer era pisar un único pedal para que las tarjetas se desplazasen, tirar de la cuerda que liberaba la lanzadera para la base y ensartar la trama en su lugar correspondiente: secuencia esta en la que tiene su origen la onomatopéyica palabra lionesa *bistanclac,* que se emplea para el telar. El resultado supuso un enorme espaldarazo a la productividad, en especial a la hora de hacer motivos elaborados. Una sola maestra tejedora podía ahora producir más de medio metro de brocado al día, frente a los tres centímetros escasos que obtenía trabajando codo con codo con una ayudante en los antiguos telares de tiro.

Al no haber un límite técnico en el número de tarjetas, el patrón de repetición de motivos podía ser tan largo como el diseñador quisiera. Tomemos como ejemplo el retrato de Jacquard, que mide 55 por 34 centímetros. Para él se emplearon veinticuatro mil tarjetas, una para cada fila de la trama, con más de mil agujeros cada una. El patrón de repetición del brocado típico podía tener una décima parte, cada uno con unos cientos de agujeros.

Por supuesto, las tarjetas no se programaban solas. Se tardaron varios meses en hacer las que el retrato necesitaba. Pero, aun así, un único lector de la *mise-en-carte* que metiese las tarjetas en una máquina podía hacer lo que antes requería de dos personas, la *liseuse* y su compañera, la encargada de unir los bucles. Una vez terminadas, era fácil etiquetar las cadenas de tarjetas y guardarlas en un estante, lo que permitía al taller producir trabajos por encargo. Cuando alguien como Babbage quería una copia del retrato de Jacquard, el taller podía tejerlo bajo pedido. Si era necesario, las tarjetas individuales para un diseño específico podían reemplazarse u ordenarse de otra manera.[41]

Al principio, las tejedoras de Lyon se resistían a aquellas moderneces

tecnológicas, al temer la pérdida de sus empleos. Las protestas a veces se volvían violentas, y el *conseil de prud'hommes* de la ciudad, el tribunal laboral, destrozaba las máquinas en la plaza pública. Aunque fue agasajado por Napoleón y recibió una pensión por su invento, Jacquard tuvo que huir de la ciudad varias veces.

A pesar de ello, las tejedoras de Lyon al final aceptaron de buen grado aquella tecnología. Su versatilidad les daba una ventaja competitiva sobre los fabricantes de seda de Inglaterra, Italia y Alemania, lo que permitió que la ciudad recuperara el dominio que había visto erosionado desde la Revolución francesa. Para acomodar aquellas máquinas de dos alturas, las tejedoras hubieron de instalarse en talleres nuevos, de altos techos, en las pendientes de la escarpada colina Croix-Rousse, entre los ríos Ródano y Saona.

En 1812, un historiador del siglo XIX observó que había tenido lugar «una auténtica revolución» en la industria de la seda de la ciudad. Las progresivas mejoras aumentaron la velocidad de trabajo de los telares y redujeron los costes a la mitad. Lejos de arruinar el empleo de la ciudad, la invención de Jacquard fue el prolegómeno de una nueva edad dorada para la seda de Lyon. A finales de siglo, Croix-Rousse trepidaba con el estrépito de veinte mil *bistanclacs.* La rupturista invención de Jacquard facilitó el trabajo de las tejedoras, mejoró la calidad de los tejidos y amplió el mercado de sus productos a las tiendas de clase media. Aquel sistema controlado por tarjetas llegaría también a los fabricantes de lazos, prendas de lana y alfombras.[42]

Presentado en las exposiciones internacionales y adoptado por todo el mundo, el ingenio de Jacquard hizo del código para la tejeduría algo palpable, que también podía inspirar a quienes no tejían. Los constructores de barcos diseñaron sistemas similares para controlar las máquinas remachadoras que se utilizaban para construir los nuevos acorazados de la época. De cara a nuestra época digital, fue de capital importancia que la estructura binaria cautivase la imaginación de Babbage y sus sucesores. «Muchos de los métodos de subrutinas y de los sistemas de edición que constituyen el estándar de los ordenadores modernos fueron concebidos en el siglo XIX para la producción de

tarjetas de uso en los motivos textiles», escribió el científico informático Frederick G. Heath en 1972.

> Tener un patrón y querer una secuencia binaria para tejerlo es como tener un programa en Fortran y querer el código binario equivalente que hace que el programa sea comprensible para el ordenador.
>
> Sin duda, hay una estrecha relación entre tejer una tela y diseñar un sistema informático. Cualquiera que mire el cableado de un ordenador o la expansión de un enorme circuito integrado reparará en lo mucho que se les asemejan los motivos de un tejido corriente.[43]

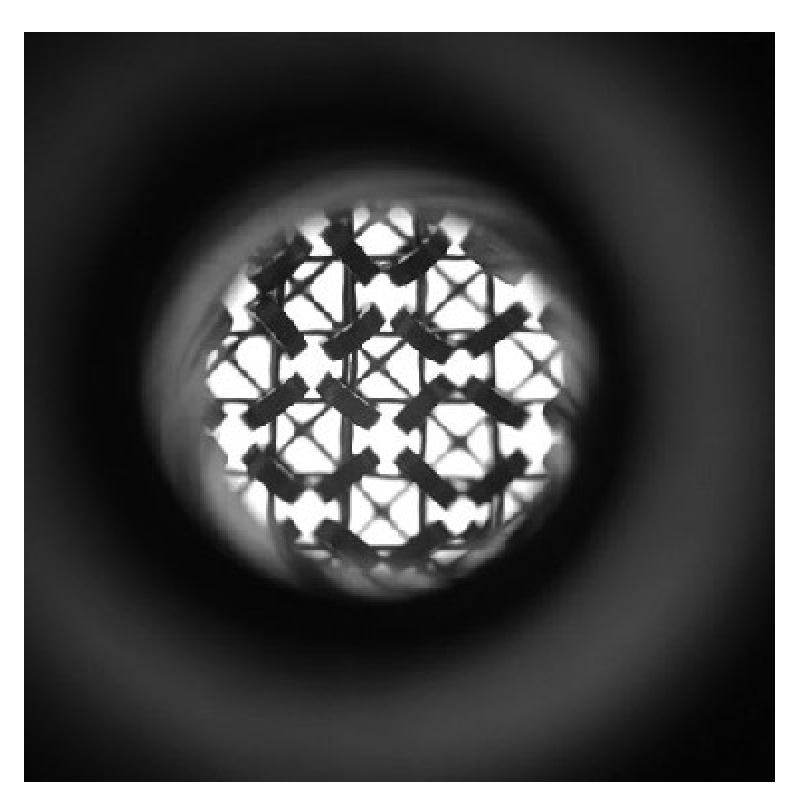
En las primeras décadas de la programación, las relaciones existentes entre el antiguo código de las telas y la promesa futurista de la tecnología de la información adquirieron una forma visible y palpable.

Cuando Robin Kang trasladó su estudio de Queens a Brooklyn en abril de 2018, tardó cuatro meses en rehilar los 3.520 lizos de su telar de Jacquard. Diseñado para artistas, el telar de Kang fusiona el control computarizado de la urdimbre con la inserción manual de la trama. Cubre el espacio entre los talleres venecianos de la vieja escuela que aún tejen unos cuantos centímetros de terciopelo al día para clientes como el Kremlin, y los telares industriales manejados por ordenador que producen esa misma cantidad en cuestión de segundos. Kang, una inquieta rubia procedente de un pequeño pueblo del oeste de Texas, comenzó a trabajar como desarrolladora de grabados digitales en la década de 1990, cuando Photoshop era todavía una herramienta nueva. Aprendió a tejer en la escuela de posgrado. La tejeduría, al igual que la creación de imágenes digitales, era su manera de expresar la fascinación que sentía por los algoritmos. «Es algo muy computacional —dice—. Los patrones son exactamente el concepto en el que me sentía interesada cuando pensaba en algoritmos informáticos: preparas los parámetros y esto es lo que sucede». Tejer, descubrió Kang, era el medio ideal para combinar su fascinación por lo digital con su amor hacia lo táctil, hacia la mano visible del artista.

Su obra, que yuxtapone urdimbres negras con tramas hechas de hilos metálicos y en tonos intensos, rinde homenaje a los primeros días de la computación. Pensemos en *Lazo Luminoso*[1*], obra en la que

predomina una parrilla cuyos tonos van pasando del azul al verde. Un anillo rodea cada intersección, entreverándose a él y alrededor de los bordes un hilo de oro: el resultado son unos motivos similares a corazones cuando se cruzan en las diagonales. Se diría que la pieza representa el tejido del tejido, y en cierto sentido así es.

La imagen se inspira en la *memoria de núcleos magnéticos,* el principal sistema de almacenamiento de los ordenadores durante dos décadas, hasta la aparición de los chips de memoria de silicio a principios de los setenta. Cada matriz de la memoria de núcleos magnéticos contiene varios cables de cobre entrelazados con una pequeña cuenta de ferrita en cada cruce, que representa un bit. Las cuentas con forma de arandela, de un tamaño no mayor que la punta de un lápiz, recibían el nombre de núcleos. Cuando una corriente eléctrica lo bastante intensa pasa a través de un núcleo se crea un campo magnético que puede ir en la dirección de las agujas del reloj o en la dirección contraria. Al revertir la corriente, una vez más a un nivel por encima del umbral crítico, el campo magnético cambia de dirección. Estos dos estados podían así representar un *0* y un *1*. Si se enviaba la mitad de la corriente a través de la «trama», o coordenada *x,* y otra mitad a través de la «urdimbre», o *y*, el sistema podía identificar y cambiar una cuenta concreta. Los cables situados a lo largo de las diagonales interpretaban las señales.



La memoria de un núcleo magnético ampliada 60 veces. (Fotografía de la autora)

Kang me muestra algunos ejemplos; entre ellos, una estructura de medio cuerpo de altura compuesta por noventa y seis cuadrados de diez centímetros, cada uno de ellos con sesenta cables de «urdimbre» verticales y sesenta y cuatro cables de «tramas» horizontales. En los primeros tiempos, las mujeres tejían a mano la rejilla entera empleando microscopios. A mediados de los sesenta, cuando la Digital Equipment Corporation produjo los primeros miniordenadores, las máquinas podían ocuparse de los cables *x* e *y*, pero las tejedoras seguían teniendo que coser las diagonales. «Literalmente, son tejidos —dice Kang—, y hasta cierto punto, también telares».[44]

Para el programa espacial Apolo, el *software* se almacenaba en un tipo diferente de memoria.[45] Primero, los programadores escribían el código utilizando tarjetas perforadas. Sin embargo, una vez que el código se finalizaba y depuraba, era preciso convertirlo en algo más flexible y ligero: la *memoria de núcleos cableados.* Aquí, si un cable atravesaba una cuenta magnética, representaba un *1*; si rodeaba la cuenta, representaba un *0*. «El *software* del Apolo era muy actual. Lo

podías sostener en la palma de la mano y pesaba muy poco», escribe el historiador de la tecnología David Mindell.

Para producir la memoria de núcleos cableados, la NASA recurrió a la Raytheon Company, una contratista de defensa localizada en Waltham, Massachusetts, ciudad que en otro tiempo se dedicaba a la fabricación de textiles y relojes. «Tenemos que construir, en esencia, una máquina de tejer», explicó un director de Raytheon en una conferencia de prensa. Al estar familiarizados tanto con la maquinaria de alta precisión como con los textiles, los trabajadores locales se hallaban preparados a la perfección para la tarea. «Había que enviar el programa a la fábrica, y las mujeres de la fábrica, de forma literal, tejían el *software* en la memoria de núcleos cableados», dice Mindell. Tardaron meses en tejer miles de cablecillos tan finos como un pelo para componer un único programa, pero el resultado, escribe Mindell, «era indestructible: estaba literalmente engastado en los cables».[46]

Aunque Raytheon evocaba imágenes de telares, los ingenieros que crearon la memoria de núcleos cableados no tenían en mente la tejeduría. Frederick H. Dill, un pionero de la computación e investigador de IBM, reconoce no haberse «enterado de que el "cableado de núcleos" era un problema de costura», sino que, más bien, «entendía la maraña de cables de los núcleos en términos de las señales eléctricas que proporcionaban».[47] Los pioneros de la computación eran del todo ajenos a que, para confeccionar sus programas, imitaban a las telas. La forma que debían tener los dispositivos de memoria surgió de las matemáticas fundamentales de la tejeduría.

Tras más de diez mil años de dominación, el arte de tejer ya no gobierna el mundo textil. El tejido de punto ha dado un golpe de Estado. En el momento en que escribo estas líneas, la ropa que llevo puesta (a excepción de mis vaqueros) —la ropa interior, la camisa, el jersey, los calcetines e, incluso, las zapatillas— está hecha de punto. Y sigo resistiéndome a los *leggings* y los pantalones de yoga, que han dado un buen mordisco al mercado de las telas tejanas. El punto casi

dobla en ventas a los textiles tejidos, y en lo que respecta a la ropa en concreto, el promedio es aún más desigual.[48]

Una de las razones de ello es la comodidad. La popularidad de los estilos *athleisure* ha hecho que la flexibilidad de las prendas de punto triunfe sobre la rigidez de las prendas tejidas. En lugar de depender de una rejilla, el hilo de punto va y viene por todo el tejido, lo que permite que la prenda se pueda estirar. En otros tiempos, el estiramiento podía a veces provocar que un jersey perdiera la forma, pero hoy las mezclas de elastano les hacen recuperar su aspecto. Si se entallan con tanta facilidad es gracias a la naturaleza flexible del punto.



La Virgen haciendo punto en redondo, del Altar Buxtehude, obra del maestro Bertram de Minden, ca. *1395-1400. (Bridgeman Images)*



Taller con máquina de punto, 1750. (Wellcome Collection)

No es la moda la única razón por la que el punto ha conquistado el mercado textil. Como no hay que hilar lizos, la preparación de las máquinas industriales de punto es mucho más rápida que la de los telares. Cambiar las texturas o los colores por otros nuevos es cuestión de minutos. Y, al contrario que los tejidos bidimensionales, el punto se presta a los diseños en tres dimensiones. Las primeras prendas hechas de punto eran casi siempre medias y gorros, confeccionados mediante una espiral continuada de puntadas que pasaban entre cuatro agujas o más, en lo que recibe el nombre de «punto en redondo». Algunas obras de arte del periodo final del Medievo muestran a la Virgen María usando esa técnica para hacerle una pieza sin costuras al Niño Jesús.

Tal vez inspirado por la larga y delicada lana de las ovejas que pastaban en el cercano bosque de Sherwood, en 1589, un coadjutor inglés de veinticinco años llamado William Lee inventó una máquina para producir medias. Conocida como *tricotosa,* podía hacer una hilera

de punto de una sola pasada, utilizando unas agujas de ganchillo especiales que impedían que los bucles de la fila anterior se abrieran cuando los nuevos se entrelazaban con ellos.

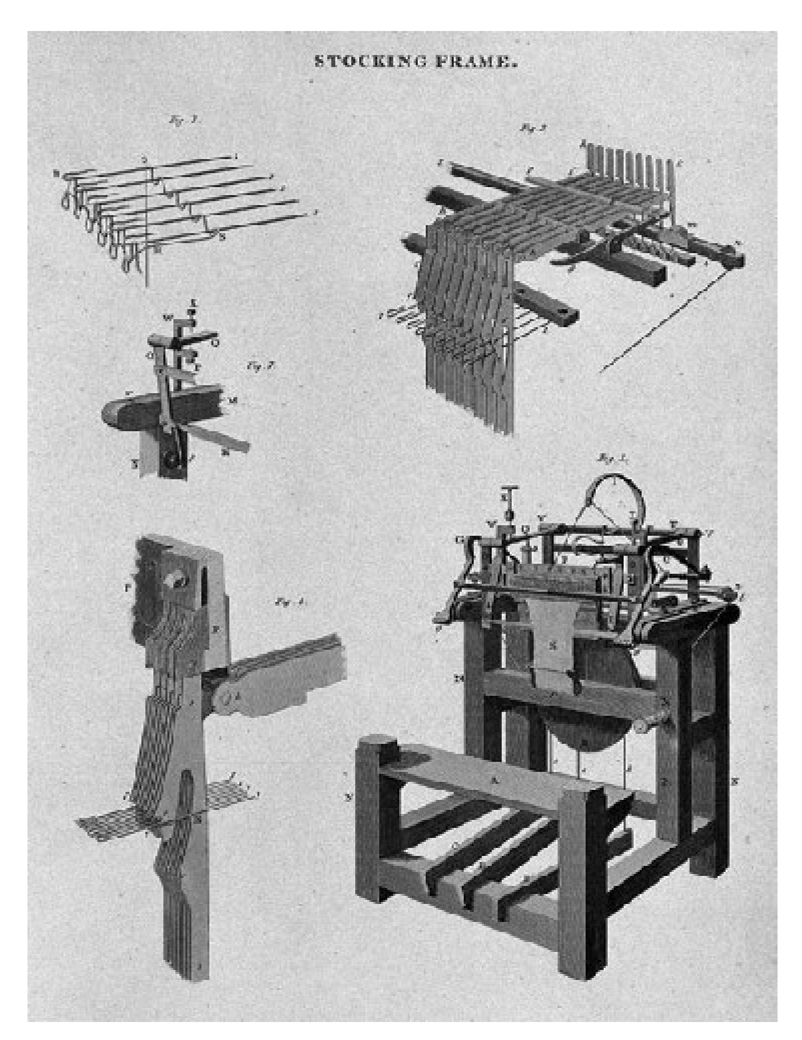
A aquello siguió un siglo de mejoras, hasta que el tejido a máquina se convirtió en una importante forma de producción textil que coexistía con el ganchillo manual, todavía valorado por su calidad y flexibilidad. A mediados del siglo XVIII, Inglaterra tenía unas catorce mil máquinas de tejer, cada una de las cuales precisaba de más de dos mil componentes, entre ellos, las finísimas agujas que desafiaban la pericia de los herreros. Una máquina de tejer se parecía más a un telar de suelo compacto que a las máquinas industriales actuales. Aun así, la idea básica era muy parecida.

Las primeras tricotosas producían tejido liso, y tan solo empleaban el *punto derecho.* En 1758, Jedediah Strutt, de Derby, inventó el modo de confeccionar medias en canalé, al incorporar la contrapuesta *malla vuelta*. Estos favorecedores estilos aumentaron el atractivo de los calcetines tejidos a máquina. Tan pronto se patentó, la «Derby rib» [«costilla Derby»] —o máquina de acanalados Derby— resultó muy muy lucrativa, y tuvo su propio protagonismo en la Revolución Industrial. Cuando Richard Arkwright se trasladó a Nottingham para establecer allí su primera máquina de molinaje, Strutt y su socio financiaron aquella empresa emergente. La calcetería fue uno de los primeros usos que se le dieron al nuevo hilo de algodón.[49]

En el siglo XXI, el acanalado Derby ha adoptado una nueva encarnación. Vidya Narayanan me la muestra mientras recorremos el renombrado Instituto de Robótica del Laboratorio Textil de la Universidad de Carnegie Mellon, donde cursa sus estudios de posgrado. Se trata de un conejito relleno, de aspecto familiar y de exterior inusual. Su nombre es Stanford Bunny (o el Conejito de Stanford), un modelo estándar para probar renderizados informáticos en tres dimensiones. Esta versión, en concreto, está recubierta de la cabeza al rabo con lo que parece un jersey acanalado de color azul claro.

Titulada en Ingeniería Informática y Ciencias Computacionales, Narayanan no se dedica al ganchillo. «Oh, Dios, no», replica cuando le

pregunto si había practicado alguna vez con las agujas de tejer antes de llegar a Pittsburgh. Lo que le interesaban eran los gráficos y la fabricación de objetos, y Jim McCann, un antiguo diseñador de juegos de ordenador que ahora dirige el Laboratorio Textil, la convenció de que las máquinas tejedoras rectilíneas podían servir de impresoras 3D para objetos blandos. «Tejer a máquina ha alcanzado este interesantísimo punto —dice McCann—. Parece que estamos muy cerca de donde la impresión en 3D se encontraba a comienzos de siglo». Las máquinas industriales ya están muy arraigadas y se están preparando modelos al alcance de la gente.



La máquina de punto precisaba de más de dos mil piezas individuales. (Wellcome Collection)

La mayoría de las prendas de punto industriales se hacen con máquinas circulares rápidas que tejen en una espiral continua, lo que

da como resultado cientos de metros de tejido por hora; el tejido, entonces, se corta y se cose para crear el producto final. Las máquinas rectilíneas son lentas en comparación, pero mucho más flexibles, porque cada una de sus cientos de agujas puede funcionar de manera independiente. Una máquina relativamente modesta, con dos bases de setecientas agujas cada una, puede, en teoría, producir más de un billón de tejidos diferentes, y eso sin tener que cambiar el hilo para modificar el color o la textura. Al contrario que las máquinas circulares, las máquinas rectilíneas también pueden fabricar prendas tridimensionales muy detalladas.

En una máquina rectilínea, dice Michael Seiz, un veterano ingeniero de punto que ha trabajado en los dos lados del mercado, tanto en el de las máquinas como en el de las prendas, «probablemente tenga suerte si soy capaz de tejer cinco metros en una hora. Pero puedo tejer piezas por completo dotadas de forma. También puedo tejer un jersey entero en una hora». Sin cortar, sin coser, y sin desperdiciar telas ni hilos.



Los conejitos de Stanford creados con tejido de punto en 3D y un software *desarrollado en el Laboratorio Textil de la Universidad de Carnegie Mellon. El de la izquierda usa un punto básico, mientras que el de la derecha, mucho más avanzado, incorpora motivos. (Vidya Narayanan, James McCann y Lea Albaugh)*

El fabricante japonés Shima Seiki presentó una prenda tejida a

ganchillo y sin costuras a mediados de los noventa del pasado siglo, pero ha habido que aguardar hasta la década pasada para que la industria de la ropa se rindiera por fin a la tecnología, tras la mejora del control de las máquinas digitales. Usando una máquina rectilínea, un fabricante de zapatillas deportivas puede ahora confeccionar un zapato entero —a excepción de la suela de goma— de una sola pieza, variando la estructura del punto que permite apoyar el arco, dar forma al talón o sujetar los cordones. Para unir todo el zapato solo sería necesario doblarlo un poco y usar algo de pegamento. Con este proceso de producción simplificado, el fabricante puede reemplazar los inventarios de calzado con suministros menos arriesgados de hilo, tejiendo los modelos que tengan una demanda mayor.

Pero el tejido en 3D aún se enfrenta a un obstáculo tecnológico: un *software* propietario carísimo para el que hacen falta conocimientos especializados. Al igual que las tejedoras, quienes hacen punto llevan un registro gráfico de sus motivos por medio de unas casillas cuadradas que representan los puntos. Estos códigos escritos posibilitan un fácil intercambio de patrones tanto en el tiempo como en el espacio. No obstante, para interpretar el código, antes tenemos que saber hacer punto y, algo de crucial importancia, cómo traducir la representación bidimensional para obtener resultados en tres dimensiones. Esto vale igual para el punto por ordenador que para el trabajo manual. «Quienes programan para confeccionar tejidos de punto siguen haciendo lo mismo que hacían hace ochenta años», escriben Narayanan y sus coautores. «Aunque el medio ha cambiado —se ha pasado de los cilindros de leva a las tarjetas en cadena, y, de ahí, a los rollos de papel, a los discos flexibles, a las unidades de memoria externa y a los servidores FTP—, los programadores siguen diciéndole explícitamente a la máquina qué debe hacer con cada aguja a cada pasada del rodillo».

Las máquinas se van perfeccionando cada vez más, con continuas mejoras en las agujas y los controles, pero el *software* no ha seguido sus pasos. En un mundo que se ha habituado a las reproducciones exactas, los sistemas de punto industriales no dejan de ser refritos del viejo código escrito en papel cuadriculado. Un diseñador de moda podrá usar sus propios *softwares* 3D para crear nuevos estilos sobre la pantalla, pero luego alguien tendrá que trasladar el diseño de cada

prenda a un programa bidimensional, punto por punto. Esa limitación frustra a las compañías de ropa, habida cuenta de que el punto digital se está volviendo cada vez más poderoso. Lo que esas compañías quieren es diseñar en tres dimensiones.

El conejito acanalado encarna una solución a su problema.

Su exterior hecho de punto fue realizado en una máquina rectilínea industrial, usando un sistema de programación visual de código abierto desarrollado por Narayanan y sus colegas. (El relleno —todo «un desafío», asegura Narayanan— se hizo a mano). Para crear un objeto de punto, el diseñador puede suministrar un motivo ya existente al sistema, diseñado por ordenador (que verificará si de verdad puede ser tejido a punto mediante una máquina), o bien puede usar el sistema para crear un nuevo motivo en un modelo 3D de la malla de punto. Además de los canalés y las formas en 3D, el sistema puede generar texturas similares al encaje y diseños multicolores.

En otras palabras: en lugar de obligar a los diseñadores a pensar como máquinas de punto, el sistema les permite concentrarse en lo que quieren hacer. «Esperamos que resulte un proceso más intuitivo para aquellos que no sean demasiado diestros en hacer punto —dice Narayanan—. Podremos trabajar en el espacio del objeto tridimensional en lugar de hacerlo en el espacio bidimensional». Al ocultar el código, el programa, paradójicamente, promueve el legado de Marx Ziegler, pues permite que la capacidad de crear telas trascienda a los actuales maestros del arte.

La misma relevancia tiene un archivo en formato estándar capaz de funcionar en cualquier máquina. El laboratorio de la Carnegie Mellon ha desarrollado un archivo en formato abierto llamado Knitout. «En realidad es muy simple —dice McCann—. Se limita a listar las operaciones que quieres que lleve a cabo la máquina en el orden en que tú preferirías que las haga». Un programa de diseño como el de Narayanan generará así un único archivo Knitout, que, con los traductores adecuados, producirá la misma forma hecha de punto en una máquina Shima Seiki, en una de su competidor alemán Stoll, o en los modelos diseñados para la producción a pequeña escala.

Las investigaciones de la Carnegie Mellon forman parte de una iniciativa multiuniversitaria cuyo fin es mejorar de modo significativo

el diseño digital de los tejidos. Esta labor fue impulsada por las industrias del cine y del videojuego, y comenzó como un trabajo para la creación de algoritmos capaces de describir con la máxima fidelidad las características de las fibras y de los tejidos, de manera que los materiales virtuales se comportaran sobre la pantalla de la misma manera en que lo harían en la vida real. El objetivo consiste en codificar las características de cada tipo de hilo y fibra en algoritmos que habrán de remedar a la perfección su comportamiento sobre la pantalla. Lo que empezó como un deseo de obtener mejores animaciones está haciendo que los ejecutivos del mundo de la ropa vibren de pura excitación. Imaginan poder evitar los muestreos hechos mediante ensayo y error, acortar en tres cuartas partes los tiempos principales y diseñar todas las prendas a partir de las características del hilo.

«El ahorro económico es absolutamente increíble, así como el impacto medioambiental», dice Seiz, ingeniero de punto. Haciéndose eco de las palabras de Ziegler, Seiz entiende que esta nueva capacidad de codificar y transmitir motivos dará paso a una prosperidad compartida. «No es algo que vayamos a guardar para nuestro propio beneficio —dice—. «o vamos a compartir con el público. Todo el mundo va a participar de este botín».[50]

Capítulo cuatro

TINTE

Todo lo visible se distingue o hace deseable por el color.

JEAN BAPTISTE-COLBERT, *Instrucciones generales para la fabricación y teñido de lanas,* 1671

Hace seis mil años, más o menos en la época en que se fundaba la ciudad mesopotámica de Ur, alguien, en la costa del norte de Perú, desgarró una pieza de tela de algodón y la dejó en el yacimiento ritual hoy conocido con el nombre de Huaca Prieta, o Túmulo Negro. En una ceremonia cuyo significado se ha perdido con el paso del tiempo, el propietario de la tela reunió algunos otros fragmentos, los roció con agua salada y luego hizo pedazos la calabaza decorada de la que había manado el agua. Con el transcurso de los siglos, el clima seco de la zona conservó la tela junto con los cientos de pedacitos de los textiles y de la calabaza.

Habitada durante más de catorce mil años, Huaca Prieta y sus alrededores constituyen uno de los primeros asentamientos complejos desde el punto de vista económico y cultural: posiblemente incluso el primero. Aquí, en esta opulenta confluencia de mar y río, de pantanos, desiertos y llanuras, los primeros pueblos construían poblaciones sedentarias, almacenaban alimentos y comerciaban con ellos, y desarrollaron inconfundibles rituales y obras de arte. Las reliquias que nos dejaron contradicen un supuesto arqueológico sostenido desde hace mucho tiempo: que la agricultura y la alfarería van necesariamente de la mano. Estos pueblos ancestrales cultivaban cosechas, pero no hacían cerámica. En esta zona de abundante vida marina y frutos tropicales, como el aguacate, el chile y el algodón, un pueblo sin alfarería desarrolló un complejo modelo de vida en el que

las calabazas, las redes, las cestas y las telas eran herramientas esenciales.

Las ofrendas que se han conservado en Huaca Prieta nos indican que, para este pueblo ya hace mucho desaparecido, como para nosotros hoy, los textiles eran algo más que artilugios funcionales. Los restos de algodón no eran simplemente los curtidos y los pardos del algodón local. Tenían franjas azules. La utilidad no puede explicar por sí sola el motivo de que alguien se tomase la molestia de hacer prendas azules.[1]

Tras un siglo y medio de colores textiles científicamente preparados en los laboratorios, nosotros, los privilegiados hombres y mujeres del presente, no sabemos valorar los tintes. Sin embargo, tienen más misterio de lo que pensamos. «Cualquier hierba puede ser un tinte», solían decir los tintoreros florentinos del siglo XV. Pero eso solo vale si queremos amarillos, marrones o grises, los colores que producen los taninos y los flavonoides que se encuentran por lo común en matorrales y árboles. Los rojos y los azules son más escasos y complicados de obtener, y los verdes, casi imposibles. La clorofila no vale para teñir.[2]

Solo rara vez nos bastaría con echar un material vegetal en agua caliente y teñir unas fibras remojadas en la solución. Muy pocas plantas producen tintes con esa facilidad —la piel de la cebolla, por ejemplo, sí—, sino que la mayoría de ellas precisan de una ayuda química adicional, al menos si queremos que el color perdure más allá de un simple lavado.

Por fortuna, el teñido ofrece resultados claros. Al igual que la metalurgia —y al contrario de lo que sucede con la medicina o la magia —, o funciona o no funciona. Podemos cambiar algunas variables y ver lo que sucede. Los fallos son indiscutiblemente distintos de los éxitos. Con el tiempo, las técnicas mejoran y la gente consigue reconocer patrones en las sustancias que utilizan. Sin conocer la química subyacente, los primeros tintoreros aprendieron a clasificar ácidos, bases y sales por su tacto, su olor, su gusto y su reactividad. Sabían que el agua de la lluvia, tan blanda, se comportaría de forma diferente que el agua dura de los pozos y que el agua del río, que tiene una dureza intermedia. Descubrieron que al emplear una tina de hierro para el

tinte se producían tonalidades diferentes que al usar una de cobre o de cerámica.

«El antiguo tintorero —escribe el químico Zvi Koren, especialista en el análisis de antiguos colorantes— era un químico empírico adelantado». Para producir colores duraderos, observa Koren,

> los antiguos tintoreros dominaban los métodos que se basan en aspectos de la química avanzada, tales como enlaces iónicos, covalentes e intermoleculares, complejación coordinada, hidrólisis enzimática, oxidación fotoquímica del precursor cromogénico, reducción de la fermentación bacteriana anaeróbica y reacciones redox.

No es que los antiguos tintoreros supiesen qué eran tales cosas. Solo desde el siglo XVIII la humanidad ha tenido cierta idea de lo que podría estar sucediendo a un nivel molecular... y solo desde el siglo XIX ha sabido siquiera que las moléculas existen. «De todas las áreas de las actividades humanas —escribe el historiador francés Dominique Cardon, en su monumental volumen sobre botánica, química e historia de los tintes naturales—, el teñido con plantas es uno de los mejores ejemplos de la eficacia de la adquisición empírica de la pericia».[3]

El tinte es un claro testimonio del universal anhelo humano por dotar a las cosas de belleza y significado, así como del ingenio con los productos químicos y del impulso económico que dicho deseo comporta. La historia de los tintes es la historia de la química, y pone de manifiesto tanto el poder como los límites de la experimentación por ensayo y error cuando no se tiene el respaldo de un conocimiento de base.

El azul de las telas de Huaca Prieta proviene del índigo, uno de los más populares tintes botánicos del mundo. Su componente precursor, el *indicán,* está presente en una amplia variedad de plantas, que crecen en diferentes climas y condiciones de suelo. La *isatide,* que da lugar al tradicional azul de Europa, está relacionada con la col. La planta *Indigofera tinctoria* del sur de Asia, conocida en Europa como índigo, es una legumbre, así como las especies de índigo naturales de África y las Américas. El índigo japonés, o *tadeai,* pertenece a la familia del

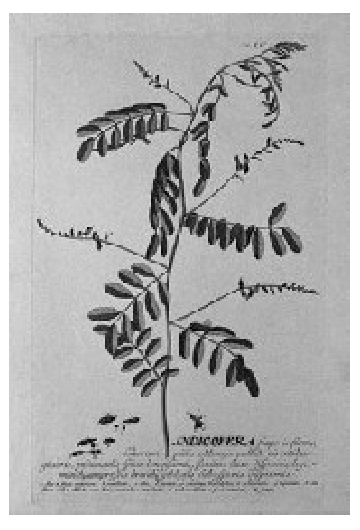
trigo sarraceno, y a veces recibe el nombre de *Polygonum tinctorium.* Estas son solo unas pocas de entre la inmensa variedad de plantas —dotadas todas ellas de indicán— que, como descubrieron los pueblos ancestrales de todo el mundo, podían proporcionar un precioso tinte azul.[4]

Hoy día, llamamos «natural» al color derivado de las plantas para distinguirlo de los tintes conseguidos en laboratorios químicos; entre ellos, el índigo sintético, que es químicamente idéntico.[5] Pero la producción de índigo exige mucha más artificiosidad y esfuerzo de lo que la palabra «natural» implica. La planta de la que proviene puede desarrollarse en pleno campo, pero convertir las hojas en materiales de tintura adecuados para hacer telas azules requiere una considerable destreza tecnológica. «En el mundo moderno, a veces pensamos que los antiguos eran pueblos primitivos que adolecían de una total incapacidad para comprender el mundo —afirma el arqueólogo y especialista textil Jeffrey Splitstoser, que lideró los análisis de Huaca Prieta—. Pero lo cierto es que había que ser bastante listo para vivir en aquella época».[6]

Para producir tinte índigo, hay que empezar por empapar bien las hojas. Cuando se rompen, sus células liberan indicán, además de una enzima. La enzima cataliza una reacción que divide el indicán en azúcar y una molécula muy muy reactiva llamada *indoxil.* Enseguida el indoxil enlaza con el oxígeno del agua, formando *carmín de índigo* o *indigotina,* el pigmento azul que también es conocido como índigo. Insoluble en agua, la indigotina precipita en un poso que se queda en el fondo de la cuba.

De esta forma obtenemos un pigmento estable. Es fantástico para pintar o colorear con tinta, pero, como el índigo no se disuelve, tampoco puede impregnarse en las prendas. Para emplearlo como tinte, es preciso cambiar el pH del agua añadiendo una potente sustancia alcalina (una base), como, por ejemplo, ceniza de madera. Podemos pues comenzar con agua alcalina o separando el compuesto del agua original y echándolo en una nueva cuba, mientras retiramos las hojas empleadas en el proceso.





Los pueblos de todo el mundo han derivado el tinte de índigo de plantas sin ninguna relación entre sí, todas las cuales contienen los mismos químicos. De izquierda a derecha: isatide (Isatis tinctoria), *el azul tradicional de Europa; índigo japonés (*Persicaria tinctoria; *también conocida como* Polygonum tinctorium*); e* Indigofera tinctoria, *la planta del sur de Asia a la que más popularmente se la conoce como índigo. (Colecciones Digitales de la Biblioteca Pública de Nueva York; Biblioteca del Congreso; Wellcome Collection)*

COMPUESTO	DÓNDE SE ENCUENTRA
Indicán	Hojas
Indoxil	Solución con enzimas procedentes de las hojas
Índigo blanco	Solución alcalina con bajo nivel de oxígeno
Indigotina («índigo»)	Indoxil en contacto con oxígeno

En un entorno altamente básico (alcalino), la indigotina reacciona y forma un compuesto soluble conocido como índigo blanco, en ocasiones también llamado leucoíndigo. «Para teñir con índigo, al parecer, es necesario destruirlo —explica Cardon—, aunque la realidad es que se transforma en una sustancia soluble diferente, si bien casi incolora, que puede ser absorbida por las fibras».[7]

Como el indoxil, el índigo blanco quiere enlazar con el oxígeno y convertirse en indigotina. Para evitar que eso ocurra y mantener la solución, es preciso reducir los niveles de oxígeno del agua. Los tintoreros tradicionalmente se confiaban a las bacterias procedentes de las hojas de índigo o de productos alimenticios añadidos como dátiles, salvado o miel. Desconocían la existencia de las bacterias o el oxígeno, y, por supuesto, cómo interactuaban ambas cosas. Se limitaban a probar ingredientes hasta que daban con los que funcionaban. Dado que la química oculta era la misma, muchos aditivos distintos podían conseguir los resultados deseados.

«Las sustancias que tantas y tan diferentes sociedades en todo el mundo descubrieron que actuaban como agentes reductores y fermentadores efectivos dan más bien la impresión de ser los ingredientes que se necesitarían para hacer una tarta elaborada en grado sumo, puesto que muchos de ellos son "dulces"», escribe la estudiosa del índigo Jenny Balfour-Paul.

> Entre ellos se contaban los dátiles, uvas y azúcar de palma, melaza, levadura, vino y posos de alcohol de arroz, licores locales, cerveza, jugo de ruibarbo, higos, moras, papayas, piña, jengibre, miel, azúcar de palmera, hojas de henna, salvado de trigo, harina, arroz glutinoso cocinado y tapioca, granza, semillas de *Cassia tora,* aceite de sésamo, bananas verdes, hojas de sisal, nuez de betel en polvo, zumo de tamarindo y algo no tan apetitoso: carne putrefacta.

A medida que el conocimiento de la química aumentaba, durante el siglo XVIII, los tintoreros comenzaron a retirar el oxígeno de las cubas de tintura introduciendo compuestos metálicos que enlazarían con él y lo precipitarían en óxido. Con independencia de los ingredientes, el teñido con índigo requiere una solución altamente básica con bajos niveles de oxígeno libre.[8]



Procesado de índigo, tal y como aparece representado en Histoire générale des drogues, *de Pierre Pomet, de 1694. No queda claro si se pretende que la escena está ambientada en la India o en las Indias Occidentales. (Internet Archive)*

Mientras el índigo blanco se va disolviendo, la solución que queda bajo la superficie se vuelve de un color parecido al del anticongelante, un extraño verde amarillento. En la parte alta de la cuba se forman unas burbujas iridiscentes de color azul violáceo, señal de que el indoxil se ha enlazado al oxígeno presente en el aire. Ahora ya se puede sumergir la fibra, el hilo o el tejido. Disuelto en agua, el índigo blanco penetra hasta en los últimos recovecos de las fibras, dándoles una tonalidad verdosa. Al sacar el material de la cuba y exponerlo al aire, el índigo blanco enlaza con el oxígeno y forma la indigotina. Las fibras se vuelven azules como por arte de magia. Si se sumerge la prenda repetidas veces, el color se volverá más oscuro, dado que se le irán añadiendo capas de moléculas de indigotina.

Los tintoreros no tienen por qué utilizar el índigo de manera inmediata. Los posos pueden conservarse en forma de pasta húmeda o se pueden mezclar con las hojas para hacer una bola, y guardarla para

su posterior reconstitución: históricamente, esta es la práctica más común tanto en Europa, con la isatida, como en Japón, con el *tadeai*. También pueden dejarse secar en láminas de hojaldre, que son ligeras, duraderas y fáciles de transportar, algo ideal para el comercio de larga distancia. Ya a comienzos del siglo XVI, los mercaderes europeos trajeron de la India aquel hojaldre de índigo y bautizaron el tinte con su nombre. Aquello fue eclipsando poco a poco las débiles concentraciones de pigmentos presentes en la isatida nativa.[9]

Si nos limitamos a juzgar solo sus preciosos resultados, es fácil pasar por alto el principal escollo de toda esta química índigo: huele que apesta. «Me llevó un tiempo comprender —escribe una tintorera tras emplear por primera vez el índigo— que aquel intenso olor a letrina sudada que llenaba el aire procedía de la enorme cuba de tinte, no de un cuarto de baño empantanado». Tanto olor despedía la isatida al fermentar que la reina Isabel I la prohibió en un radio de doce kilómetros en torno a cualquiera de sus palacios. La contaminación no comenzó con la Revolución Industrial.

En un taller de Los Ángeles dedicado al teñido con índigo, el diseñador de textiles Graham Keegan va pasando una jarra de posos concentrados, mientras anima a todo el mundo a que la huela. Todos sin excepción contenemos una arcada. «Ag —dice un estudiante—. No se te va». Haciéndose el entendido, Keegan asegura que la cosecha de este año es más sutil que la del año anterior. «Se percibe olor a podrido, algunas notas fecales, un buen montón de orina —dice—. No le falta de nada».[10]

El resultado de esta odorífera magia química es un tinte casi inalterable. El azul no se disuelve en agua ni se diluye con la luz del sol. «El único color original del tapiz de Bayeux que sigue siendo el mismo —escribe Balfour-Paul— es el azul índigo de sus lanas teñidas con isatida». Y, al contrario que la mayor parte de los tintes vegetales, el índigo se adhiere con facilidad a fibras de celulosa como el algodón y el lino. La tela de Huaca Prieta era algodón, y hace más o menos 4.400 años los egipcios envolvían a las momias en lo que no era sino lino sin teñir con delicadas rayas color índigo. El índigo se va con el uso, como vemos que les sucede a los vaqueros teñidos con ese tinte. Pero puede

conservarse sin sufrir alteración miles de años, prueba fehaciente del ingenio de los pueblos de civilizaciones desaparecidas hace mucho tiempo.[11]

«Pese a toda la experimentación que debió de tener lugar antes de que se consiguiese un dominio total de la tintura con índigo —escribe Cardon—, los descubrimientos arqueológicos revelan que esta habilidad ya había sido adquirida en tiempos prehistóricos por algunas civilizaciones que se hallaban muy alejadas geográficamente».[12]

Al parecer, la idea surgió tras una cuidadosa observación de hechos del todo casuales. Quizá alguien vio unas hojas de índigo que se volvieron azules tras una helada temprana o reparó en los atractivos colores que aparecieron cuando una tormenta de verano arrancó las hojas de una planta con índigo y las arrastró hasta los húmedos restos de unos leños quemados. «La planta parece azul cuando sufre un daño —dice Keegan, que emplea tintes naturales en sus diseños—. Si arreciaba la lluvia sobre el índigo y este se derramaba sobre un charco, el charco se volvía de un color verde azulado. Y la misma película que queda en la parte superior de la cuba, ese morado cobrizo, se asentaría en la superficie del charco».[13]

Para comprobar su afirmación, acepto el ofrecimiento que Keegan me hace: unas hojas frescas de índigo, que divido en dos ramos. Uno de ellos lo pongo en agua del grifo, y el otro en agua mezclada con las cenizas resultantes de quemar unos palillos de bambú. Nada ocurre cuando las dejo en la encimera de la cocina durante la noche. El problema, entiendo, es la temperatura. Tanto el agua como la casa están demasiado frías.

Traslado las hojas y las cenizas a unos vasos de agua tibia y los llevo a un pequeño aseo que puedo calentar con un radiador. En efecto, al día siguiente aparecen unas pequeñas partículas de color azul en la superficie del agua de grifo. El agua que contiene las cenizas es de color cobre. Al cabo de dos días toma un tono un poco verde. Cuando, por dos veces, sumerjo en ella un poco de tela blanca, esta adquiere un color entre azul y gris pálido. No es la asombrosa transformación producida por la cuba de Keegan, con su tinte concentrado, pero sirve como demostración. He recreado los charcos primordiales.

Una leyenda fenicia relata el origen de la tintura púrpura de los tirios. Un día, se dice, el dios Melkart, patrono de Tiro, estaba paseando por la playa con su amante y su perro. El perro sacó un caracol marino del agua y comenzó a comérselo. Al mordisquearlo, la boca del perro se volvió púrpura. La transformación inspiró a Melkart la idea de utilizar los caracoles para teñir una túnica que regalar a su amada y conferir así a Tiro los secretos del tinte que enriquecerían a la ciudad.[14]

Los fenicios que contaban esta historia eran los grandes navegadores y mercaderes del antiguo Mediterráneo: zarpaban de sus puertos de origen en lo que hoy es el Líbano hasta destinos tan lejanos como la costa atlántica de España. Junto a cargamentos de madera de cedro, vasijas de cristal y púrpura tiria, también llevaban consigo la escritura, que se desarrollaría hasta conformar la mayor parte de los alfabetos del mundo.

Como sugiere la leyenda, no cuesta imaginar cómo descubrieron los pueblos el origen de los colores más célebres de la Antigüedad. No serían los vegetales, sino las criaturas marinas las que aportarían los preciosos púrpuras de las túnicas reales de Persia, las vestiduras sacerdotales de los hebreos y las togas de la Roma imperial. Por todo el Mediterráneo, montículos de conchas desechadas dan testimonio de lo que una vez fue una gran industria, una industria que consumía miles de caracoles para un solo baño de tintura. Los pueblos antiguos derrochaban ingenio y esfuerzo para obtener púrpura de molusco, lo que demostraba tanto un amor al color en sí mismo como un apetito por los lujos que expresaban el estatus social.

Los tintoreros extraían colorantes de tres especies diferentes de caracoles, y usaban sus tintes solos o combinados para producir distintas tonalidades. La cañadilla, o *Bolinus brandaris,* y la lapa de boca roja, *Stramonita haemastoma,* producían un rojo violeta. La cornalina blanca, *Hexaplex trunculus,* era más versátil. Sus fluidos podían volverse azules, azul-violeta o rojo violáceo. Los científicos modernos conocen bien el proceso químico. El azul es nuestro viejo amigo, la indigotina; el azul violáceo tiene un átomo añadido de bromo, y el rojo violáceo contiene dos átomos de bromo. Pero entre los investigadores continúa el debate acerca de cómo los antiguos tintoreros lograban predecir los colores que iban a obtener. ¿Variaban

los resultados en función de las subespecies, el sexo o las condiciones? [15]

Si sabemos tanto sobre el antiguo teñido púrpura es gracias al autor romano Plinio el Viejo, que describió el proceso en su enciclopédica *Historia natural,* publicada entre el 77 y el 79 de nuestra era. Por desgracia, sus explicaciones, que al parecer eran muy detalladas, perdieron una información crucial con el paso del tiempo. Dentro de las mismas especies, por ejemplo, Plinio distingue entre caracoles que se alimentan de algas, de cieno putrefacto y de lodo, así como entre una variedad que se recogía en los cañaverales y otra que recibía su nombre de un guijarro. Para los antiguos tintoreros se trataba de categorías provistas de sentido, que ofrecían pistas para las tonalidades que esperaban extraer de cada una de ellas. Hoy son un puro misterio.

Además, «Plinio era un informador; no un tintorero; nos cuenta lo que vio sin entender en realidad el procedimiento», observa un artista que recrea antiguos tintes y pigmentos. Usando los principios químicos, los experimentadores modernos han tratado de averiguar de qué modo podría haber funcionado el proceso.[16]

La cañadilla, explicaba Plinio,

> tiene la famosa flor de púrpura, muy buscada para teñir túnicas, en mitad de la garganta: hay en ella una venilla blanca con un fluido muy escaso del que mana ese preciado tinte, bañado de un color rosa oscuro, pero el resto del cuerpo no produce nada. Las gentes hacen un gran esfuerzo por capturar vivo ese pez, porque derrama este jugo a la par que su vida.

El molusco vivo contiene formas incoloras de indoxil. Cuando el caracol muere, libera una enzima que hace que estos componentes se enlacen con el oxígeno y produzcan el fluido coloreado. (Dependiendo del componente específico, el proceso puede necesitar asimismo de la luz del sol). Para no arriesgarse a que el color se perdiera en el mar, los antiguos cosechadores recogían los caracoles vivos y los conservaban en tanques. A veces, los yacimientos arqueológicos relacionados con las tinturas contienen conchas de cañadilla perforadas con unos inconfundibles agujeros, resultado de almacenar una gran cantidad de moluscos en lugares reducidos sin proporcionarles una alimentación adecuada. Al carecer de otras presas, los caracoles se canibalizan unos a

otros, empleando para ello un órgano que excreta un ácido para abrir un agujero en la concha de otro caracol y así poder extraerle la carne.[17]

Cuando los tintoreros tenían ya suficientes caracoles, abrían las conchas y cortaban las glándulas que contenían el pigmento, y se limitaban a aplastar a aquellos moluscos que eran demasiado pequeños para efectuar dicha cirugía. Ponían las glándulas, las secreciones y los caracoles aplastados en una cuba de agua que mantenían caliente, pero sin que llegara a hervir. A este caldo le añadían lo que Plinio llama *salem,* la palabra latina para «sal». Dejaban entonces que ese mejunje macerase durante tres días, hasta producir una solución concentrada. Luego, explica Plinio, lo pasaban a un caldero metálico, le añadían agua, retiraban los caracoles residuales y dejaban que la solución se cocinase otros nueve días, hasta que la inmersión de un vellón de prueba demostraba que ya estaba listo para teñir.

La mención de Plinio del *salem* desconcierta a los químicos modernos, porque la sal de mesa común, el compuesto estable del cloruro de sodio, no ayudaría en el proceso de teñido. «Parece sorprendente —escribe Cardon— que no se mencione ningún otro ingrediente más que la sal y el molusco». Sin duda, los tintoreros de púrpura hubieron de añadir algo para producir un baño alcalino, similar al que se empleaba para el índigo. Cardon observa que, a menudo, los talleres hallados por los arqueólogos donde se efectuaba el teñido púrpura estaban cerca de hornos de cal o cerámica, cualquiera de los cuales podía proporcionar a los tintoreros ceniza alcalina.[18] El argumento es razonable, pero, como veremos, es posible que Plinio, después de todo, anotase correctamente los ingredientes.

Acostumbrados a los espléndidos tonos de los tintes sintéticos, tendemos a imaginar la antigua púrpura de un color muy vivo. Pero la púrpura tiria, que valía su peso en plata, no tenía los tonos en tecnicolor que engalanaban a Rex Harrison en *Cleopatra* (1963), donde interpretaba el papel de Julio César.[19] Plinio la pintaba «del color de la sangre coagulada: oscura cuando se observa de frente, con reflejos brillantes cuando se la mira desde un ángulo». En el latín tardío recibía el nombre de *blatta,* cuyo origen se hallaba en la palabra que se empleaba para «coágulo». El más valioso de los tintes antiguos no era, para los estándares actuales, un color especialmente atractivo.

También apestaba, y no solo durante el proceso de teñido. En una letanía sobre malos olores, un contemporáneo de Plinio, más joven que este, el poeta satírico Marcial, aludía a «un vellón por dos veces empapado en tinte tirio» y bromeaba acerca de una mujer adinerada que se vestía de púrpura en virtud de su hedor, insinuando que con ello la mujer enmascaraba su olor corporal. «¿Qué motivo hay para pagar esos precios por unas conchas púrpura —cacareaba un reprensivo Plinio— que tienen un hedor insalubre cuando se usan como tinte y que irradian un lúgubre matiz, semejante a un mar enfurecido?».

Para los compradores, la respuesta era el estatus social. Pocos podían permitirse una púrpura tiria, de modo que su uso indicaba que el propietario era alguien especial. En el siglo VI, el estadista romano Casiodoro definió el color como «de una negrura ensangrentada, que distingue a su portador de los demás». Esa atípica coloración destacaba en la multitud. Marcial escribió en su epigrama «Sobre la túnica robada de Crispín»:

> No sabe Crispín a quién entregó su capa de Tiro al cambiarse de vestido y ponerse la toga. Quienquiera que la tenga, que devuelva a sus hombros su regalo, se lo ruego. Esto no te lo pide Crispín, sino la capa. No es capaz cualquiera de llevar prendas saturadas de púrpura, ni ese color sienta bien como no sea a los elegantes. Si te gusta el pillaje y la manía de las ganancias ilícitas, para poder engañarlo mejor, coge su toga.

Hasta la notoria peste de la púrpura otorgaba prestigio, porque demostraba que esa tonalidad era la auténtica, no una imitación concebida a partir de tintes vegetales más baratos.[20]

Para los vendedores, el alto coste era un reflejo de lo trabajoso y desagradable que resultaba producir el tinte..., como la arqueóloga Deborah Ruscillo pudo comprobar en el verano de 2001. Ruscillo, especialista en analizar restos animales, se sintió intrigada por las enormes pilas de conchas de cañadilla que hallaba en los yacimientos arqueológicos y se preguntó cuántos caracoles marinos se necesitarían para hacer los antiguos tintes. Junto a una ayudante de posgrado, decidió seguir las instrucciones de Plinio y averiguarlo.

Lo primero que hizo Ruscillo fue poner varias trampas en una bahía cercana a Creta, donde los *Hexaplex trunculus* devoraban los peces de los que se deshacían los pescadores locales. No tardó en descubrir que

las trampas se llenaban de agua, lo que las volvía muy pesadas de manejar. También capturaron carga no deseada. «Algunas anguilas y otros peces que se alimentan de la tierra, como el pez escorpión, lograban entrar en las trampas, y eso comportaba un riesgo, al menos en potencia, para los submarinistas que recogían las cestas o las vasijas», escribe Ruscillo. La buena noticia era que el cebo atraía más cañadillas al lecho marino cercano. Sumados a los que había en las trampas, Ruscillo y su ayudante pudieron reunir otros cien caracoles marinos en una hora. Los restos arqueológicos confirman que los antiguos cosechadores de cañadillas habían tenido que recurrir tanto a la recolección manual como a las trampas; los montículos de conchas contenían pequeños caracoles de los que se habrían deshecho los recolectores manuales, así como caracoles marinos, ya muertos, que no podían haber entrado en las trampas.

Cargando con sus más de ochocientos caracoles marinos que llevaban en un cubo de agua marina, las dos investigadoras se trasladaron a un yacimiento «muy alejado de la población moderna». Ruscillo sabía que las antiguas tintorerías se ubicaban lejos de los asentamientos, y no tardó en descubrir por sí misma el motivo.

Pero antes tuvieron que abrir las conchas. «Por el amor de Dios; es imposible —recordaba Ruscillo en una entrevista—. Es una piedra». Tomando como punto de partida los agujeros que había en los antiguos restos, Ruscillo desarrolló una técnica que constaba de dos etapas: golpeaba con un punzón metálico la espira principal para crear un pequeño agujero, y luego forzaba la concha hasta lograr abrirla.

Tocaba después la parte más desagradable. Entre ella y su ayudante cortaron las glándulas y se deshicieron del resto, formando así montoneras de conchas rotas que se parecían muchísimo a las que los arqueólogos encontraban en los yacimientos antiguos..., con una importante diferencia: al contrario que las conchas antiguas, estas contenían una carne putrefacta. De inmediato, cuenta Ruscillo, «te ves rodeada de moscas..., tábanos enormes que no cesan de morderte. Y de avispas».

Metieron las glándulas en un tarro lleno de agua y tapado con aluminio, y el tarro fue adquiriendo poco a poco un intenso color púrpura a medida que se iban añadiendo más glándulas. Ni siquiera el

firme cierre podía impedir que las moscas pusieran huevos en aquella pegajosa mezcla. «Eran unas moscas enormes. Se posaban en los bordes, ponían sus larvas y con las patitas las empujaban por debajo de la tapa —recuerda Ruscillo—. Era algo digno de ver». Para matar los bichitos resultantes sin arruinar el tinte, Ruscillo tuvo que calentar la solución a la temperatura justa para evitar que hirviese.

Si bien los antiguos tintoreros usaban cubas de hasta más de cien litros, Ruscillo llevó a cabo sus experimentos empleando pequeños tarros, cada uno de los cuales contenía unos 590 mililitros de agua, una cantidad suficiente para teñir una pequeña muestra de 15 centímetros por 20. Incluso a tan pequeña escala, Ruscillo se topó con el legendario hedor del tinte. «El gran número existente de trabajos de teñido convierte la ciudad en un lugar muy desagradable en el que vivir —escribió el geógrafo griego Estrabón, refiriéndose a Tiro—, pero también enriquece a la ciudad gracias a la soberbia destreza de sus habitantes».[21]

Decir «desagradable» es quedarse corto. «Los trabajadores comían a cincuenta metros de distancia y aun así se quejaban de la peste que había», dice Ruscillo. Para soportar el hedor, ella y su colega debían utilizar mascarillas. En los antiguos centros de teñido, aquel insoportable olor debía de ser mil veces más penetrante. La labor también impregnaba las manos de aquel mal olor, así como de un color púrpura que no se iba por mucho que las lavasen. Tan horrible trabajo, concluía Ruscillo, solo podía haber sido desempeñado por esclavos.

Ruscillo probó cuatro tejidos diferentes —lana, algodón, una nudosa seda cruda (borrilla de seda) y suave raso— y comprobó que la lana y el raso cogían bien el color. Para los baños de tinte, Ruscillo empleó los ingredientes que sugerían los antiguos especialistas textiles: solo agua marina, solo agua corriente, agua marina y orina, agua marina y *alum* (una sal mineral), y agua marina y vinagre.

No tardó en descubrir que Plinio jamás había teñido con púrpura. Cuando ella y su ayudante siguieron sus instrucciones en las dos etapas de calentado, la primera de tres días, y la segunda, de nueve, obtuvieron un insignificante gris con un ligero tinte púrpura. Ruscillo probó a saltarse la etapa de nueve días. En su lugar, se limitó a macerar cada mezcla durante tres días a 80 °C, luego filtró los restos de

caracoles marinos y sumergió las muestras de tela. Dejó que las telas se fueran enfriando poco a poco en el tinte. Como sexta prueba, utilizó agua de mar sin hacer el macerado.

Dependiendo del número de cañadillas que utilizaron y del tiempo durante el cual se empapó el tejido, el tinte produjo colores que abarcaban desde el rosa pálido hasta un negro púrpura. «Todos esos colores eran muy bonitos», afirma. Los intensos tonos de la seda eran más propios del gusto actual, mientras que la lana adquirió unas tonalidades más oscuras, semejantes a las preferidas por los antiguos. También absorbía más tinta. «La lana chupaba la tinta de inmediato, como una esponja —escribe Ruscillo—, y conservaba esos colores tan intensos incluso después de escurrirla». Lo que también conservaban los tejidos era el hedor. Casi dos décadas después todavía olían..., pese a lavarlas con un detergente superconcentrado.

Cosa asombrosa es que Ruscillo consiguió básicamente los mismos resultados en cada solución. La orina hacía que el púrpura resultase más intenso, pero, en general, recuerda, «con la misma cantidad de tiempo, la misma concentración y la misma cantidad de agua», los ingredientes añadidos «no parecían producir diferencias en la tonalidad». (El agua de mar hacía que el tinte fuera más duradero que el agua corriente).

Libre del peso de la teoría química, resulta que Plinio, después de todo, podía haber estado en lo cierto en lo que respectaba a los ingredientes: la sal, pues evitaba que la carne de los caracoles marinos se pudriese, y el agua de mar. Quizá los tintoreros no creaban un baño alcalino. Quizá el agua de mar se bastaba sola para lograr el efecto. Es más o menos alcalina, con un pH cercano al 8,3, siendo el 7 el pH neutro.[22]

La mayor revelación llegó cuando, un poco por diversión, Ruscillo probó una tanda empleando agua marina sin haber macerado el tinte. Tras sumergir las muestras durante diez minutos exactos, escribe,

> observé que las muestras blancas y viscosas adoptaban al secarse unos maravillosos tonos azules. Este experimento había recreado el «azul bíblico», o *tekhelet,* como se le conoce, considerado sagrado por igual en la Antigüedad como en el presente, sobre todo en la religión judía. Es sabido que este azul sagrado se producía mediante caracoles marinos. El talit, la prenda para la oración ritual que vestían los hombres durante la oración de la mañana

o en la ceremonia del matrimonio, debía llevar tradicionalmente una franja azul teñida con cañadilla.

Este precioso azul, similar al color claro de los vaqueros teñidos con índigo, fue un resultado por completo inesperado.

Los experimentos de Ruscillo eran una precisa demostración de por qué los antiguos púrpuras eran tan raros y costosos. «El número de horas de trabajo empleadas para producir una prenda es enorme, y eso sin contar la ardua tarea que supone la producción de tinte de cañadilla», escribe. Para teñir una prenda liviana o de líneas elegantes, Ruscillo descubrió que serían necesarios varios cientos de caracoles marinos. Una túnica larga de lana como la que le birlaron a Crispín habría necesitado miles, lo que representaría cientos de horas solo para recogerlos.

La investigación de Ruscillo es muy notable porque la arqueóloga no partía de una teoría química que explicase cómo actuaban los tintes antiguos. Muy al contrario, probó ingredientes comunes y observó lo que sucedía. Repitió la misma clase de aprendizaje por ensayo y error a que se habían confiado los antiguos tintoreros, pero con el rigor de la ciencia experimental moderna. El proceso fue sistemático y científico, aunque se limitó a ser empírico. Y, en este caso, mostró unos resultados de los que carecía la predicción sustentada en la teoría.[23]

Durante gran parte de la historia, el teñido ha guardado mayor relación con la cocina que con la química. Las reacciones químicas estaban ahí, pero el tintorero no tenía por qué comprenderlas. Cada persona seguía una receta distinta, y muchas técnicas importantísimas no eran consignadas al papel. Pasaban de maestro a aprendiz mediante el trabajo práctico. A falta de instrumentos para una medición estandarizada de la temperatura o el pH, los buenos resultados dependían de la cuidadosa observación del color, el olor, el gusto, la textura e incluso del sonido. Es posible que hubiera más de una manera de conseguir la misma tonalidad. Resulta muy probable, pues, que algunas tinturas púrpuras emplearan aditivos alcalinos y otras no, que unas usaran agua de mar y otras no, y que alguna otra usara orina o vinagre o cualquier otro ingrediente secreto. Algunos de los ingredientes habituales marcaban la diferencia en los resultados

obtenidos, y otros eran, de hecho, innecesarios. Los resultados variaban según el tintorero, y la reputación era importante.

En los frescos que pintó en las paredes de las iglesias florentinas, Domenico Ghirlandaio incluyó muchos retratos de ciudadanos eminentes, representándolos como testigos de sucesos sagrados. Gracias a estas pinturas conocemos los rostros de algunos humanistas y banqueros, y sus parientes, del siglo XV. También sabemos que les encantaba el rojo.

Manto rojo lleva casi cada hombre que no viste hábitos religiosos, a menudo con un tocado a juego. Las mujeres aparecen con mangas rojas o vestidos color rosa. La ropa de cama y las cortinas muestran tonalidades rojas. En el autorretrato que metió de rondón en su *Adoración de los Magos,* el propio Ghirlandaio viste de escarlata. También el abuelo con la nariz cubierta de verrugas y su nieto de cabeza gacha, en el célebre cuadro que ahora se encuentra en el Louvre. En el Renacimiento, el rojo había sustituido a la púrpura real como símbolo de riqueza y poder.

Así que no sorprende que, cuando, en 1548, un veneciano llamado Gioanventura Rosetti publicó el primer manual profesional de teñido, el mayor número de recetas —treinta y cinco— eran fórmulas para obtener el rojo. Le seguía el negro, con veintiuna.

Titulada *Plictho,* la obra de Rosetti representa dieciséis años de esfuerzo. Buena parte de ese tiempo, sin duda, lo pasó curioseando en los secretos mercantiles de artesanos reluctantes. El autor no era tintorero, sino, más bien, alguien que creía que el conocimiento técnico debía difundirse; más tarde escribió un libro similar sobre perfumes, cosméticos y jabones. Rosetti, que describía el *Plictho* como «una obra de caridad que lego al beneficio público», se lamentaba de que los conocimientos del teñido «hayan permanecido celosamente guardados durante un gran número de años por las tiránicas manos de aquellos que los mantienen en secreto».

Al igual que el manual para tejer de Marx Ziegler, escrito un siglo más tarde, el *Plictho* representa la primera etapa de una revolución del

conocimiento: la de conservar y hacer públicas la tecnología de vanguardia y su práctica. Rosetti no pretendía analizar o mejorar las fórmulas, sino que lo único que deseaba era que la información estuviera disponible para que otros pudieran aprender con ella.

Teñir, escribió, «es un arte que requiere ingenio, ideal para los intelectos despiertos». Sus recetas ilustran hasta qué punto la práctica del teñido podía desarrollarse a partir de una base empírica en exclusiva, sin necesidad de una buena teoría de la química (o de ninguna). También muestran con total fidelidad cómo era el teñido en el umbral de una nueva época, antes de que los colorantes procedentes de las Américas se adoptasen de manera generalizada en Europa.

Veamos una sencilla receta, titulada «Para teñir lana o telas de rojo»:



LIBRO CHE INSEGNA A TENGERE SEDE DI ogni colore perfettamente, secondo Firenza & Genoua.

Notandissimi secreti per tengere sede in diuersi colori boni: & perfetti magistrali. Prima bisogna che se tu uogli fare colore che sia bono che tu facci che la seda sia bianca:& a uolerla cocere bisogna che facci come intenderai leggendo. Et in che modo si debbe stuffare & cocere & solfarare, tengere & retengere la seda particularmente colore per colore,& generalmente di quelli che uanno lauadi secondo il consueto de li maestri Fiorentini, & consueto de tutti li maestri di Italia, e perche intendi la caggione & l'ordine, perche se debba stuffar la seda. Tu sai che come la seda è filada & per uolere tengerla torta, fala stufare come intenderai.

F

Una página de la edición de 1560 del Plictho *de Gioanventura Rosetti. (Colección del Getty Research Institute, tomada de archivos de internet)*

> Tomar por cada libra de lana 4 onzas de piedra de alumbre y ponerla a hervir durante una hora. Lavarla muy bien en agua limpia. Después de haberla lavado bien, tomar por cada libra de lana 4 onzas de rubia roja y hacerla hervir en agua limpia. Meter en el interior la rubia roja cuando esté a punto de hervir, después la lana, y dejar hervir durante media hora removiendo constantemente. Al lavarla quedará bien teñida, esto es, roja.[24]

En esta fórmula se emplea uno de los tintes más importantes de la historia: las raíces de la *Rubia tinctorum,* más conocida como *rubia roja*. Esta especie tan presente en los cultivos, escribe Cardon, «ocupa un puesto de honor en la historia del tinte» debido a «la sorprendente variedad de colores que podían obtenerse de ella, ya se la emplease sola o mezclada con otros tintes». Entre los textiles desenterrados en Masada, el palacio fortaleza del desierto, famoso por el suicidio en masa de los rebeldes judíos en el año 73, hay fragmentos en rojo, en rosa salmón, en un burdeos oscuro, en púrpura, en un negro violáceo y en un marrón de tinte rojizo; todos ellos teñidos con rubia roja.[25]

La versatilidad de la rubia roja proviene del aprovechamiento que se hace de la química con dos tipos de conocimiento de los tintoreros tradicionales. El primero es botánico. La raíz contiene dos productos químicos distintos, ambos productores de color: la *alizarina,* que produce un rojo anaranjado, y la *purpurina,* que crea una tonalidad violácea. Las proporciones varían dependiendo de la subespecie de la planta, de las condiciones del suelo y del tiempo que tiene la raíz cuando se la cosecha. Al aprovechar esta variación, los tintoreros podían producir un amplio abanico de tonos.

También conocían los diferentes aditivos que podían alterar el color. Para darle a la rubia roja un tono azulado y ablandar las aguas duras, los tintoreros del Renacimiento se confiaban al agua de salvado, un ácido que se conseguía poniendo a remojo salvado durante varios días. (Cuando se prepara como es debido, el agua de salvado «huele a vómito», observa un tintorero que recrea las técnicas del Renacimiento haciendo uso de diversas fuentes, entre ellas el *Plictho*). Por su parte, el *tártaro blanco,* un sedimento producido durante la fermentación del vino, le daría al color rojo un tinte anaranjado.[26]

Los aditivos más importantes eran los *mordientes,* palabra que proviene del latín *mordere,* es decir, «morder». Se trata de unos químicos, por lo general, sales de metal, que hacen que la rubia roja y la mayoría de los tintes llamados naturales se impregnen con firmeza en las fibras. De eso hablaba el primer paso de la receta del *Plictho.* Antes de proceder al teñido, el material se empapa en el mordiente (en este caso, alumbre). El alumbre se pega a las fibras y, cuando la lana se sumerge en la cuba de teñir, el mordiente proporciona un puente que facilita la unión y la fijación del tinte. Una vez más, vemos aquí una aplicación del proceso empírico de ensayo y error. Hoy día, los químicos todavía debaten el modo exacto en que interactúan las moléculas de la fibra, los mordientes y el tinte.[27]

Diferentes mordientes arrojan diferentes tonalidades finales. Los compuestos de hierro, por ejemplo, oscurecen y apagan el color. Para los textiles, entre pardos y rojizos, de Masada, se usaba el hierro con la rubia roja, y ya en el siglo XIV a. C. los egipcios utilizaban mordientes de hierro con taninos procedentes de las plantas para crear marrones y negros. Algunas de las fórmulas de Rosetti para obtener el negro funcionan de un modo similar, mientras que otras se confían a las nueces de agallas, cuyos taninos sirven como mordientes, a la vez que oscurecen los colores.[28]

El mordiente más importante es el que aparece en la receta del *Plictho:* el *alumbre,* un sulfato de aluminio potásico (a veces amónico) que no solo fija, sino que también da más brillo al color. En los desiertos y en las zonas volcánicas se dan de manera natural unos cristales de alumbre casi puros, lo que explica los orígenes prehistóricos de su uso. Durante la Antigüedad clásica, sin embargo, la gente había aprendido a extraer grandes cantidades de alumbre aprovechable de un mineral, la alunita, que se encuentra en las zonas volcánicas. Para extraer alumbre de la alunita, primero es preciso calentar las rocas en un horno; luego, repetidamente, se debe verter agua sobre ellas hasta que se forme una pasta. Se hierve la pasta, separando los compuestos insolubles, y se decanta la solución. Cristalizará entonces en alumbre purificado.

En la época de Rosetti, la extracción de alumbre, su producción y su

venta suponían un gran negocio: se trataba de la primera industria química internacional. En 1437, por ejemplo, los comerciantes florentinos establecieron un acuerdo de cinco años para comprar casi una tonelada de alumbre en polvo de origen bizantino. «El alumbre es tan necesario para los tintoreros de la lana y para las prendas de lana como lo es el pan para la humanidad», declaró un escritor del siglo XVI.[29]

Una de las recetas de Rosetti promete proporcionar «un naranja rebosante de color». Para ello hay que emplear nueve kilos de alumbre con fustete, una yema del árbol del humo europeo, y tres rojos diferentes: el de la rubia roja, el del palo brasil y el de la *grana,* un carísimo escarlata que se consigue moliendo miles de pequeños insectos.[30] Rebosante de color, sin duda.

Aquí vemos a los europeos, tiñendo a las puertas del cambio. El palo brasil, que proviene del duramen rojo de ciertos árboles, había sido en el pasado un rarísimo tinte derivado de la albura asiática importada por los comerciantes venecianos. En tiempos de Rosetti era muy abundante, gracias a las ingentes reservas de los trópicos americanos. La historiadora del arte Mari-Tere Álvarez apunta que solo en un mes, en 1529, España importó de sus territorios del Nuevo Mundo la tremenda cantidad de seis mil toneladas.

El denso bosque del que Brasil toma su nombre era mejor que la alternativa asiática y además mucho más barato: tan barato, de hecho, que Álvarez se lamenta de que los estudiosos no le den la consideración que merece. Para los historiadores del arte, explica Álvarez, es el «Costco de los pigmentos». Como tinte, el palo brasil deja mucho que desear, pues la luz del sol acelera su degradación hasta volverlo de un apagado color ladrillo. Sin embargo, les añade profundidad a colorantes más duraderos. Las recetas de Rosetti la usan sobre todo como un suplemento de la rubia roja o de la grana.[31]

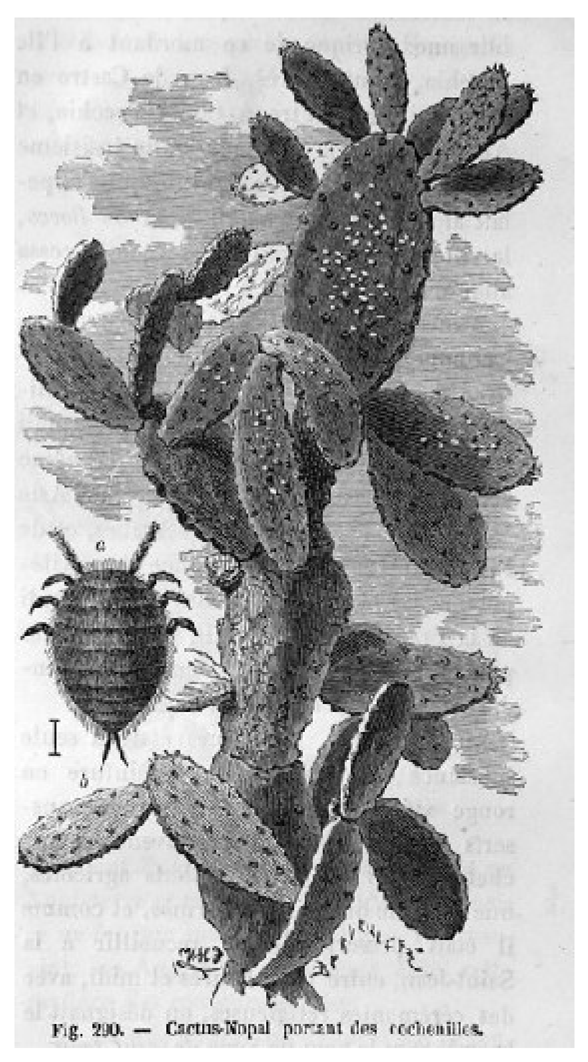
«Dado que parece que muchas de estas fórmulas son las de los más avezados tintoreros comerciales —escriben los traductores del *Plictho* —, podemos estar bastante seguros de que hacia 1540 el palo brasil se había convertido en un importante tinte rojo, junto con el *quermes* [la grana] y la rubia roja. Este amplísimo uso en el teñido comercial solo

pudo producirse gracias a su nueva disponibilidad a un precio muy bajo, ya que sus propiedades eran excesivamente pobres».[32]

El Nuevo Mundo aportaba algo más que rojos de ocasión. En 1500, la mejor y más valiosa fuente de tinte rojo era el quermes, procedente de un pequeño insecto que vive en los robles europeos. Cincuenta años más tarde fue la *cochinilla* mexicana, que proviene de un insecto parasitario similar que crece en el nopal, o chumbera. Dado que las diminutas carcasas secas del insecto parecen granos vegetales o minerales, los tintoreros europeos usaban la palabra «grana» para referirse a ambos tintes. Los traductores suponen que cuando Rosetti usa la palabra «grana» se refiere al quermes, pero no lo podemos asegurar. Cuando Rosetti realizó su investigación, los tintoreros europeos intercambiaban materias primas.[33]

La cochinilla, que contiene diez veces más colorante que el quermes, fue uno de los mayores regalos del Nuevo Mundo: un tributo a los granjeros nativos de México. Mientras que los quermes crecían de manera silvestre, los pueblos indígenas habían cultivado cochinillas durante siglos. Al igual que los chinos, que domesticaban gusanos de seda, aquellos pueblos dispensaban una meticulosa atención tanto al insecto como a la planta huésped. En la época en que llegaron los españoles, su cría selectiva había conseguido producir «lo más parecido que en Europa se había visto nunca a un rojo perfecto», escribe Amy Butler Greenfield en su historia de los tintes.[34]

Como tinte, la cochinilla era más brillante, su color se alteraba menos, y era más fácil de utilizar que su competidora. Como mercancía resultaba ideal: pesaba poco y valía mucho. Los comerciantes tlaxcaltecas y aztecas lo habían vendido por toda la región antes de la conquista española. A mediados del siglo XVI, era una de las exportaciones más valiosas de Nueva España.



Las cochinillas que crecen en el nopal, con una representación a tamaño mayor del aspecto del insecto. (Internet Archive)

Tal y como ya habían hecho los jefes aztecas, las autoridades españolas recogían cochinillas como tributo. Pero los impuestos por sí solos no bastaban para satisfacer la demanda europea del tinte. La cría de cochinillas no tardó en convertirse en una lucrativa operación comercial, hasta tal punto que sacudió el *statu quo* social.

En 1553, al concilio dirigente de Tlaxcala le preocupaba que los campesinos estuvieran ganando demasiado dinero gracias a las cochinillas, lo que les había llevado a sustituir las cosechas de subsistencia por los cultivos para el lucro; en lugar de sembrar sus propios alimentos, compraban la comida en el mercado, lo que disparó los precios. Los miembros del concilio, que también habían

constituido la élite precolonial, deploraban el consumo ostentoso de los *nouveaux riches* de la cochinilla. «Hay, entre los propietarios de cactus, como entre los comerciantes de cochinillas, quienes duermen en colchones de algodón, y sus esposas visten largas faldas, y tienen mucho dinero, cacao y prendas —protestaban—. La riqueza que amasan solo les hace más orgullosos y fanfarrones. Pues antes de que fuera conocida la cochinilla y todo el mundo plantara cactus de cochinillas, la manera de vivir era otra».[35] Por supuesto, a la cochinilla se la conocía desde hacía siglos. Lo nuevo era aquel gigantesco mercado exterior.

Las exportaciones de cochinillas crecieron de manera ininterrumpida con el paso del tiempo, con un promedio de entre 125 y 150 toneladas al año a finales del siglo XVI. Las fluctuaciones anuales, sin embargo, podían ser extremas. En 1591 las remesas totalizaban 175 toneladas, cayeron hasta 163 en 1594, y se precipitaron a la mitad de esa cifra en 1598. Cada año, los productores de textiles europeos aguardaban ansiosamente noticias de la cantidad que podía transportar la flotilla anual procedente de Nueva España, y de cuánto costaría la cochinilla del año. Cualquier pista era una información mercantil valiosa en potencia. «Desde todos los núcleos comerciales de Europa», escribe un historiador,

> llegaban informes objetivos, estimaciones y suposiciones respecto a la cantidad de grana de la que podría disponerse para el negocio anual. Las últimas noticias procedentes de Bruselas relacionadas con la «flota de la cochinilla» se transmitieron desde Roma en 1565; un envío de Amberes calculaba las entradas totales de 1580; una carta procedente de México informaba de que una nave había zarpado con un cargamento de cochinillas en 1586.

En 1600, el insecto del Nuevo Mundo era un ingrediente esencial del tinte. Los comerciantes de quermes veneciano perdieron el dominio del mercado de gama alta de los tintes rojos, al ser reemplazados por las importaciones españolas de cochinillas, que inundaban Ámsterdam y Amberes. Desde 1589 a 1642, el precio de la cochinilla se cuadruplicó en Ámsterdam.[36]

España protegió con celo su monopolio prohibiendo que los barcos extranjeros transportasen cochinillas. Los piratas y los contrabandistas se afanaban por romper aquel bloqueo. Mientras la Inglaterra isabelina

mantenía con España una guerra fría (a veces también caliente), los corsarios ingleses ponían en su punto de mira las naves que transportaban cochinillas. El mayor botín fue el que logró el favorito de Isabel I de Inglaterra, Robert Devereux, segundo conde de Essex, que llevó a su país más de veintisiete toneladas de cochinillas tras capturar tres barcos españoles en 1597. En el retrato pintado poco después, Essex posa envuelto en un suntuoso manto escarlata, sin duda teñido con el rojo del Nuevo Mundo.[37]

Las Américas proporcionaron a los tintoreros de Europa nuevas fuentes para obtener color. El comercio con la India les proporcionó competitividad e inspiración.

Cuando los portugueses llegaron a la India en el siglo XVI, regresaron con unos atavíos que no se parecían en nada a cuanto había en Europa: se trataba de unos algodones ligerísimos, decorados con unos colores suntuosos que soportaban el lavado. Un algodón indio hilado con gran delicadeza era de por sí una maravilla: suave, fresco y lavable, una milagrosa alternativa al áspero lino, a las lanas tan difíciles de lavar y a las carísimas sedas.

Luego estaban los colores. Al ser fibra de celulosa, el algodón aguanta la mayoría de los tintes. Y, con todo, los indios habían llegado a dominar unas técnicas que arrojaban un arco iris de tonalidades: rojos, azules, rosas, púrpuras, negros, amarillos y verdes. Al contrario de lo que sucedía con los textiles europeos, cuyos motivos los tenían cosidos o bordados, los algodones indios llevaban motivos multicolores pintados o estampados. Los textiles que llegaron a conocerse con los nombres de *chintz*, «calicó» e «indiano» supusieron toda una revolución.

«En algunas cosas, los artistas de la India superan todo el ingenio de Europa; a saber: Europa no puede parangonarse con la India en el pintado de *chintzs* y calicós, ni en el brillo que tienen los colores, ni en su continuidad a lo largo de la prenda», escribió el capellán de la Compañía Británica de las Indias Orientales, John Ovington, en un relato de sus viajes por la India occidental escrito en 1689. Para

entonces, la Compañía de las Indias Orientales importaba a Europa más de un millón de piezas de calicó al año, unos dos tercios de su volumen total de negocios.

A los europeos les perdía la nueva tela. Para competir con los estampados asiáticos, los tintoreros locales tuvieron que subir el listón, mejorando los procedimientos que utilizaban y aprendiendo a dominar nuevas técnicas.[38]



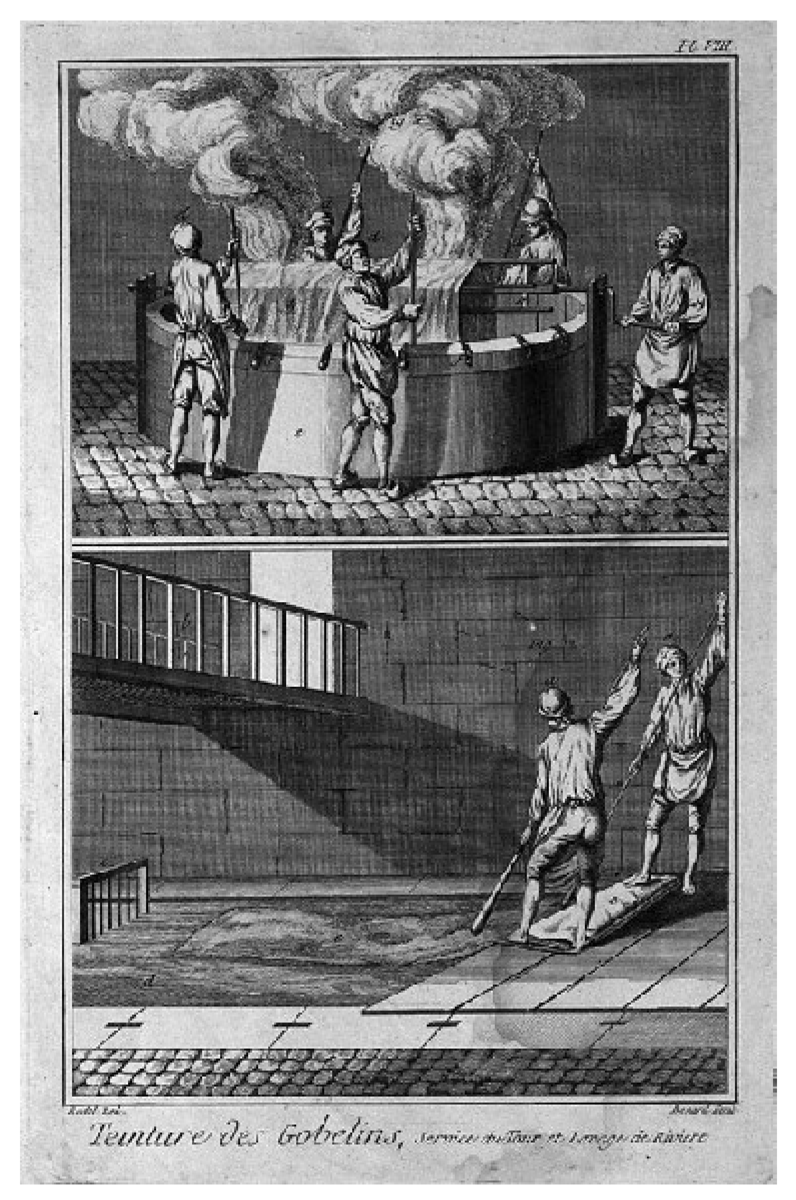
Colcha o palampore *pintado del siglo* XVIII*, elaborado en la India para el mercado de Ceilán. Estos apreciadísimos textiles también eran usados como tapices y manteles. (Museo Metropolitano del Arte de Nueva York)*

Fue en este contexto cuando Jean-Baptiste Colbert, el poderoso ministro de Finanzas de Luis XIV y padre de la planificación económica dirigista francesa, abogó por un control más estricto de la

industria de los tintes. «Si la manufactura de seda, lana e hilo es lo que sirve para sostener y hacer rentable el comercio», escribió al rey en 1671,

> el teñido, que da a las prendas tan hermosa variedad de colores como la que se encuentra en la naturaleza, es el alma sin la cual el cuerpo tendría poca vida. No solo es necesario que los colores sean bellos para aumentar el comercio de las telas, sino que también han de ser de buena calidad para que duren tanto como los tejidos a los que se aplican.

Colbert se dedicó a divulgar fórmulas eficaces, a invertir en investigación y a imponer estándares uniformes. Su exigencia, en apariencia razonable, de que los tintoreros debían adaptarse a las prácticas más conocidas contenía, sin embargo, una contradicción. La normativa proscribía los nuevos métodos al tiempo que recompensaba a los tintoreros que desarrollaban mejoras. «Los frutos de la experimentación tenían su recompensa —observa un historiador de la ciencia—, mientras que los experimentos en sí mismos eran ilegales».[39]



Tiñendo en la tintorería de los Gobelinos, según una reproducción de la Encyclopédie *del siglo XVIII. Propiedad, en su origen, de la familia Gobelin, las máquinas de teñido y las tierras vecinas fueron adquiridas en 1662 por el Estado francés bajo las órdenes de Colbert, con objeto de que sirvieran como proveedores de la corte y como centro de investigación para mejorar las fórmulas y técnicas de teñido. (Wellcome Collection)*

Los tintoreros indios habían desarrollado sus métodos gracias a esa clase de ensayos que el programa de Colbert no veía con buenos ojos. A lo largo de los siglos habían hecho indudables progresos. Pero, al carecer de un fundamento científico, ignoraban dónde podían hallarse las futuras mejoras o qué pasos dados, y qué ingredientes previamente

empleados, podían resultar superfluos. La locura europea por el calicó, por contraste, coincidió con el desarrollo de la química como ciencia.

En 1737, el Gobierno francés comenzó por nombrar a un importante químico como inspector de las máquinas de teñido, una tarea mucho más prestigiosa de lo que sugiere el título. El cargo era «el mejor lugar para la ciencia», en palabras de un decepcionado aspirante.[40] Se pagaba bien y se apoyaba la investigación química avanzada. Aquellos científicos dirigían experimentos, daban conferencias y publicaban libros que sondeaban el misterio de por qué ciertas sustancias daban color a las fibras, por qué algunos tintes duraban y otros se degradaban, y cómo determinar cuál era cuál. ¿El tinte era un proceso químico o físico? ¿Qué relación tenía con las teorías de la óptica de Newton? ¿El tinte cubría las fibras como la pintura o como un glaseado, o acaso lo que sucedía era otra cosa? Inspector tras inspector, todos ofrecían sus propias teorías y, siempre desde el respeto, echaban por tierra las de sus predecesores.

En aquellos primeros años de la química, era más probable que los procesos de teñido inspiraran la experimentación química que el que la ciencia generase nuevos tintes. Trabajar en una tintorería era una forma de instalarse en la vanguardia del pensamiento científico. Ese fue el motivo por el que, tras tantear la química, Jean-Michel Haussmann, de veinte años, abandonó sus estudios de farmacia y se unió a su hermano mayor, Jean, en una compañía alemana de estampados textiles. Mientras Jean se concentraba en la parte de los negocios, Jean-Michel profundizaba en el conocimiento de los tintes. En 1774, los hermanos abrieron su propio negocio de estampado textil en Ruan; al año siguiente, lo reubicaron en la otra punta de Francia: en Logelbach, en Alsacia.

Enseguida Jean-Michel vería puesta a prueba su pericia con la química. Los mismos procesos de teñido que en la antigua fábrica arrojaban tan vivos colores, en la nueva, se transformaron en tonos apagados. En lugar de un luminoso escarlata, el algodón teñido con rubia roja producía un soso rojo parduzco, muy lejos de lo que buscaban los clientes. Jean-Michel llevó a cabo varios experimentos para encontrar el motivo, hasta que por fin determinó que la variable crítica era el agua local. Era demasiado blanda. La caliza del agua de

Ruan, concluyó, eliminaba una sustancia que apagaba el rojo. Al añadirle creta a las aguas de Logelbach, consiguió los mismos tonos luminosos.

«Haussmann tuvo el enorme mérito de aplicar la ciencia a la industria —resume un cronista local—. Su conocimiento de la química le permitía imitar los bellos colores que hacían que el algodón *chinoise* fuera tan deseable».[41] Pero era la práctica de la química, no su teoría, lo que marcaba la diferencia. Un joven químico como Haussmann sabía cómo llevar a cabo experimentos sistemáticos, controlando las variables que podían afectar a los resultados. Los químicos no tenían sino una neblinosa idea de lo que en realidad ocurría.

El calcio no se identificó como elemento químico hasta 1804, y el propio concepto de elementos y compuestos era en sí mismo una novedad. Los químicos todavía explicaban que el tinte era una interacción física entre las partículas colorantes y los poros de la fibra; o un cambio químico producido por la interacción del tinte con el flogisto, sustancia que, según se creía, se hallaba en todo material inflamable; o una combinación de ambas cosas.

Mientras Jean-Michel investigaba los resultados del tinte en Logelbach, su compatriota Antoine Lavoisier realizaba los experimentos que revolucionarían la química. Lavoisier determinó que la combustión nada tenía que ver con el flogisto. Era algo que tenía lugar cuando una sustancia se combinaba con el gas respirable, recién descubierto, que el científico inglés Joseph Priestley llamó «aire puro», y Lavoisier, «oxígeno».

En 1789, Lavoisier publicó una obra pionera, *Traité élémentaire de chimie,* que se traduciría como *Tratado elemental de química*. En dicha obra desarrollaba los conceptos de «elemento», «compuesto» y «oxidación», además del sistema para nombrar componentes químicos que todavía hoy usamos. «Como libro de texto —observa la Sociedad Química Americana—, el *Traité* contenía los fundamentos de la química moderna».

Explicaba en detalle la influencia del calor en las reacciones químicas, la naturaleza de los gases, las reacciones de ácidos y de bases para formar sales, y los aparatos empleados para realizar experimentos químicos. Por primera vez se definía la ley de la conservación de la

materia, al afirmar Lavoisier que «en cualquier operación existe la misma cantidad de materia tanto antes como después de la operación». Quizá el aspecto más sorprendente del *Traité* era su «tabla de sustancias simples», el primer listado moderno de los elementos que se conocían por entonces.[42]

Entre los primeros apoyos entusiastas a Lavoisier se contaba el de Claude Louis Berthollet, que tenía el cargo de inspector de tintes. En 1791, Berthollet publicó una obra, que también marcó un hito, en la que aplicaba la nueva química a los tintes. «Berthollet analizaba el tinte del mismo modo en que abordaba otras cuestiones químicas, y relacionó la composición química del tinte con las propiedades de la sustancia en él presente —escribe la historiadora textil Hanna Martinsen—. Este planteamiento encarnaba la visión de Berthollet y *cambió el teñido textil al hacer que dejara de ser una labor artesanal, basada en las recetas tradicionales y las mejoras accidentales, para convertirse en una tecnología contemporánea sustentada en el conocimiento científico y en las mejoras sistemáticas*». (Las cursivas están en el original).[43]

El ideal, al menos, era ese. De hecho, como había sucedido con todo manual desde el *Plictho,* el libro de Berthollet aportaba muchas recetas sin base teórica. Al fin y al cabo, la ciencia química aún estaba en sus albores, y en buena medida seguía siendo terreno desconocido. Como un derivado de su investigación química sobre el oxígeno, por ejemplo, el propio Berthollet desarrolló la clorina blanqueadora. Aquello supuso un gran avance, comparado con el proceso de tratar de forma repetida las telas con lejía (una base) y mantequilla (un ácido) y extenderlas sobre varias hectáreas de hierba, lo que podía durar varios meses. Sin embargo, Berthollet nunca llegó a entender que la clorina no era un compuesto del oxígeno, sino un elemento propiamente dicho.[44]

Pese a lo mucho que aún se ignoraba, la nueva química proporcionó a los tintoreros explicaciones para fenómenos que les desconcertaban desde hacía mucho tiempo. Por fin comprendieron la transformación del índigo desde el azul al casi blanco y de nuevo al azul, y por qué una espuma azul cubre la superficie de las cubas de índigo. «Al parecer, el índigo pasa (...) por diferentes grados de desoxidación», escribió Berthollet,

de modo que su solución adopta diferentes tonalidades. En su estado más avanzado, su solución carece de color; con menos oxidación pasa a un tono amarillo, y por fin a una tonalidad verdosa.

Mientras el índigo está en la solución, la porción de este en contacto con el aire absorbe oxígeno, que se combina con el índigo, al cual regenera, saturando, al mismo tiempo, la sustancia que pretendía atraparlo, de modo que la superficie se vuelve azul. De ahí que la espuma, al principio verde y luego azul, reciba el nombre de *fleurée,* la cual se forma en las cubas bien constituidas, cuando se las agita.[45]

Sin conocer la estructura de las moléculas, Berthollet no podía explicar por completo las complejas transformaciones del proceso del índigo. Pero al menos los principios de Lavoisier le pusieron en la pista correcta. En lugar de enfocarse en los motivos por los cuales los tintes creaban colores específicos —una cuestión que solo podría explicarse por medio de la física cuántica—, los químicos que investigaban los tintes empezaron a poner de relieve las reacciones que tenían lugar. Así como Newton dio paso a Lavoisier, y el flogisto se vio seguido por los modelos moleculares, la química adquirió un poder con el que los tintoreros tradicionales solo podían haber soñado. En el transcurso de un siglo, los laboratorios llegarían a crear tantos tintes nuevos que solo el hecho de nombrarlos supondría un desafío.

En lo relativo a su forma y origen, el vestido de tafetán del museo no es nada especial. Ideado para las visitas de las tardes, tiene el escote alto, la falda acampanada y la cintura estrecha características de la moda de 1860. Los botones de su parte delantera apuntan a una propietaria que se vestía sin la ayuda de una doncella, mientras que una inspección atenta revela manchas a la altura de las axilas. La costurera hizo una delicada labor en el tejido del vestido, ornándolo con ribetes y adornos, pero el diseño no puede decirse que sea innovador, ni su elaboración es *haute couture.* Quien lo hizo utilizó una máquina de coser.

Con todo, esta prenda tan mediocre no está en un museo de historia, sino en el Museo del Instituto Tecnológico de la Moda, una institución de Nueva York dedicada a las prendas que «permiten el desarrollo de la moda». Cuando la vi en una exposición sobre la historia del color, supe

de inmediato por qué estaba ahí. Nada de lo que antes existió podía compararse a la intensidad de sus rayas negras y moradas. Aquí, expresada en una única prenda, se dejaba ver la llegada de los tintes sintéticos que iban a sacudir la tierra. Cuando uno observa esos negros tan intensos y esos morados tan vivos, o esos ardientes rosas y verdes de malaquita, sus expectativas visuales ya nunca serán las mismas.

Influenciados por las ilustraciones en blanco y negro, los grabados delicadamente entintados y el luto de la reina Victoria, a menudo imaginamos a las damas europeas del siglo XIX vestidas de manera sombría. Los libros de muestras de los fabricantes de textiles y tintes relatan una historia muy distinta, con páginas y páginas de intensos colores. «En las piezas sin adornos se pueden encontrar hasta ciento noventa y tres tonos diferentes de colores a la moda... y hay de cuatro a seis tonalidades para cada color, de calidades diversas», observaba la revista *Demorest's Family Magazine* en noviembre de 1890.

En la vida real, la blusa de tela escocesa presente en un grabado en blanco y negro podía estar tejida en rosa, azul, amarillo y blanco, sobre un fondo negro intenso. Las espirales en apariencia sutiles de las faldas para el paseo probablemente eran de un vívido rosa, verde o morado, sobre un negro intensísimo, ya de por sí una hazaña para la química moderna. El verde, antaño tan difícil de obtener, estaba por todas partes. Entre los diseños que aparecían en el número de abril de 1891 de la *Demorest's* había un conjunto que combinaba una falda de bengalina bordada en color verde claro, una combinación de algodón y seda; un corpiño de sarga verde adornado con cuentas metálicas; y mangas de terciopelo verde oscuro.

Juguemos con los contrastes de color, animaba la revista a sus lectores: «Casi cualquier tonalidad de cualquier color se usa con el negro, pero si hay un especial favorito es el azul turquesa... Gris y amarillo intenso, rosa antiguo y rojo intenso, rosa apagado con rosado intenso, azul y oro, rosa y oro, marrón pálido y verde tallo son combinaciones predilectas, y se combina el marrón con rosa antiguo o verde helecho, con un intenso azul Francia o con dorados».[46] Desde los más suntuosos terciopelos a los humildes algodones, los tejidos de

finales del siglo XIX mostraban una profusión de colores sin precedentes.

Estos textiles encarnaban uno de los desarrollos más importantes no solo de la historia de la moda, sino también de la historia de la tecnología: los tintes sintéticos, que supondrían el auge de la industria química moderna. Desde su inicio en la década de 1850, varias generaciones de químicos se dedicaron a la búsqueda de nuevos colores textiles. La demanda de tintes ofrecía una carrera profesional, problemas desafiantes y un gran potencial para que algunas de las mentes más inventivas de la época se enriquecieran, algo muy similar al atractivo que la tecnología de la información ejerce hoy sobre la gente. Las innovaciones surgidas de la química de los tintes alteraron el equilibrio político, económico y militar, produjeron los primeros fármacos milagrosos y nos dieron los plásticos y las fibras sintéticas.

«A finales del siglo XIX —escribe un historiador de la ciencia—, la síntesis de colores unió los caminos del conocimiento científico y la tecnología industrial, los laboratorios de investigación y las modernas empresas de negocios. Los creadores de productos para el tinte se diversificaron hasta ocupar los campos de los suministros fotográficos, los insecticidas, el rayón, la goma sintética, las resinas, la fijación de nitrógeno y, no menos importante, los fármacos».[47] Los tintes conformaron el mundo moderno.

Todo comenzó con los residuos industriales.

En el siglo XIX, el gas del carbón iluminaba los hogares de la ciudad, los negocios y las calles. El carbón de coque, obtenido por medio de la purificación del carbón en unos hornos con forma de colmena, suministraba energía a las calderas de hierro y acero. La conversión del carbón en estos combustibles concentrados dejaba un residuo pegajoso y viscoso llamado *alquitrán.* Este derivado, por otra parte inútil, que no era sino un sedimento de diversos hidrocarburos, atrajo la atención de August Wilhelm von Hofmann, un estudiante universitario alemán que investigaba los compuestos orgánicos que contenían nitrógeno.

Los compuestos hallados en plantas y animales —y, como se ve, en el alquitrán— desconcertaron a los químicos del siglo XIX. No bastaba con averiguar qué elementos contenían, porque la lista era la misma:

carbono, hidrógeno, oxígeno y a veces nitrógeno, sulfuro o fósforo. ¿Qué hacía que un compuesto con los mismos elementos fuera distinto de otro? ¿Por qué algunos átomos parecían resituarse con facilidad mientras que otros de la misma sustancia se mantenían fijos? Hasta finales de la década de 1850, cuando August Kekulé comenzó a publicar sus teorías sobre el modo en que los átomos del carbono podían formar cadenas o anillos, los químicos no empezaron a comprender las estructuras moleculares. Hasta entonces, el mero hecho de identificar compuestos suponía un grandísimo desafío.

En su primer artículo científico, publicado en 1843, Hofmann demostró que un alcaloide derivado del alquitrán era idéntico a otros tres químicos descubiertos con anterioridad: uno estaba hecho de benceno, que es otro producto del alquitrán, y dos eran destilados de plantas de índigo. Las cuatro sustancias supuestamente diferentes eran de hecho un solo compuesto. Dicho compuesto contenía seis átomos de carbono, siete átomos de hidrógeno y un átomo de nitrógeno, o, por decirlo de otra manera, incluía un grupo amino (dos hidrógenos y un nitrógeno) y una combinación característica de seis átomos de carbono y cinco hidrógenos. Hofmann llamó al compuesto *anilina,* palabra árabe cuyo significado es «índigo».

El descubrimiento de Hofmann resultaba prometedor en la práctica. Demostraba que el mismo químico que se hallaba en las plantas podía fabricarse a partir de hidrocarburos industriales. La medicina se confiaba a los alcaloides de las plantas para el desarrollo de fármacos tan importantes como la morfina y la quinina, y los resultados de Hofmann alimentaron la esperanza de que, si se experimentaba lo suficiente, los químicos podrían aprender a sintetizar sustancias tan vitales como esas. Hofmann llamó a la anilina su «primer amor», y consagró buena parte de su existencia a comprender la relación que la anilina tenía con otros compuestos.[48]

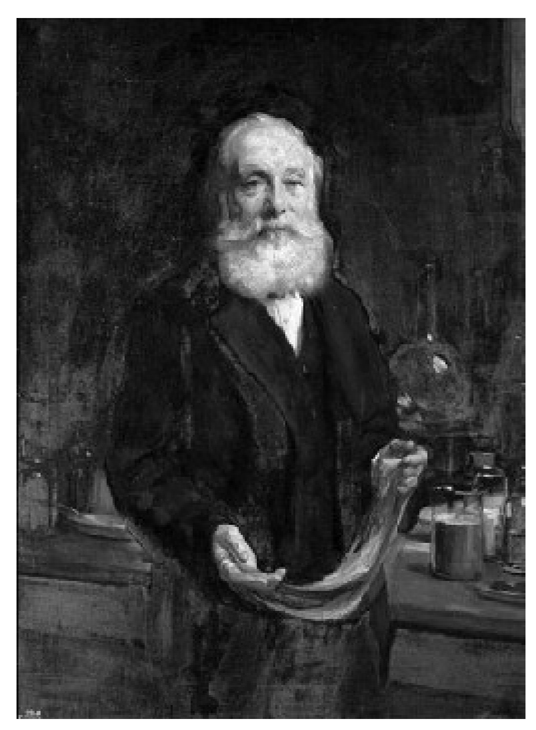
En 1845, el joven químico aceptó ser el primer director del nuevo Royal College de Química, en Londres, una escuela que, más que enseñar algunos rudimentos químicos a futuros médicos, abogados e ingenieros, buscaba formar a verdaderos profesionales de la química. Era un momento emocionante para la química orgánica: los descubrimientos se sucedían con rapidez y, pese a todo, aún quedaba

mucho por descubrir. Que fuera difícil granjearse el conocimiento de la química lo hacía todavía más deseable para las mentes jóvenes y ambiciosas.

En su nuevo cargo, Hofmann enseñaba a sus ávidos estudiantes las técnicas experimentales en las que Alemania había sido pionera. Aún en la veintena, se convirtió de inmediato en un mentor querido por todos, y tenía «una influencia total sobre sus alumnos», como uno de ellos recordaría más tarde:

> Hofmann tenía por regla (...) atender a cada estudiante por separado dos veces durante la tarea del día, y entregarse con la misma paciencia a la pesadez de instruir al principiante, o de echar una mano al estudiante perezoso, que a guiar, con sumo placer, al alumno avanzado, al que arteramente, cuando este acometía la primera investigación que el maestro había escogido para él, persuadía para que creyera que la sucesión lógica de las etapas era el resultado de unas cualidades para la investigación que el alumno ya había adquirido, en lugar de ser meramente, o de manera principal, consecuencia de las hábiles insinuaciones del gran maestro de la investigación original.[49]

Como ejemplo del talante de Hofmann, su más célebre pupilo de Londres recordaba un día en que, cuando el químico estaba haciendo sus rondas, tomó el resultado del exitoso experimento de un estudiante, puso un pedacito dentro de un vidrio de reloj que llevaba consigo y le añadió un álcali cáustico. El producto químico se transformó de inmediato en una «hermosa sal escarlata». Levantando una mirada emocionada hacia los estudiantes que se congregaban a su alrededor, Hofmann exclamó: «Caballeros, hay nuevos cuerpos suspendidos en el aire».

William Perkin (izquierda), que inventó el primer tinte sintético cuando todavía era adolescente, y su profesor, August Wilhelm von Hofmann, que hizo el importantísimo descubrimiento de la anilina, un compuesto hallado en las plantas de índigo, que Hofmann también encontró en el alquitrán. (Wellcome Collection)

Encandilado por la belleza de la química, Hofmann tenía una preferencia personal por la pura ciencia. Con todo, él y quienes apoyaban la escuela esperaban que la investigación de su academia condujera a avances tan relevantes como prácticos. Los primeros resultados fueron decepcionantes. «A ninguno de estos compuestos le hemos encontrado de momento una aplicación práctica. Ni hemos sido capaces de emplearlos para teñir calicó ni para curar enfermedades», reconoció Hofmann ante sus patrocinadores en 1849. En cuestión de años, aquello cambiaría de manera radical, gracias a los experimentos de un adolescente.[50]

William Perkin ingresó en la escuela en 1853, cuando solo tenía quince años, y enseguida se convirtió en uno de los ases de la química que tanto complacían a Hofmann. Aunque el primer proyecto de investigación de Perkin, sobre un derivado del alquitrán, fracasó, su técnica experimental impresionó al maestro, que le convirtió en ayudante de investigación. Tanto entusiasmo despertaba la química en

Perkin que el joven se construyó un pequeño laboratorio en su propia casa, donde podía trabajar cuando la escuela estaba cerrada. En las vacaciones de Pascua de 1856 realizó un descubrimiento que cambiaría el mundo.

Como muchos químicos orgánicos, Perkin quería sintetizar la quinina, un fármaco que se empleaba para combatir la malaria, procedente del tronco de un árbol tropical. Los químicos conocían su composición, pero no podían reproducirla. «La estructura interna de los compuestos era muy desconocida —explicaría Perkin más tarde— y las nociones acerca del método por el cual un compuesto podía formarse a partir de otro compuesto eran inevitablemente muy parcas».

Su primer intento de producir quinina fue un fracaso. En lugar del compuesto incoloro que esperaba obtener, lo que consiguió fue «un sucio precipitado entre marrón y rojo». Por curiosidad intelectual, decidió repetir el experimento, comenzando esta vez con un compuesto de la anilina, tan amada por Hofmann. De nuevo no consiguió quinina, sino solo un precipitado negro. Lleno de curiosidad por saber qué podía ser aquello, Perkin intentó disolver la nueva sustancia en alcohol desnaturalizado. La solución se volvió de un asombroso morado. De pronto, el experimento era, una vez más, práctico. Si aquel producto químico no servía como medicamento, quizá sí podría servir como tinte.

En un lugar diferente o una época distinta, un joven y ambicioso científico podría haber descartado el experimento fallido o podría haber investigado la composición del precipitado por simple amor al arte. Jamás habría pensado que aquello hubiera podido valer como tinte. Pero en la Inglaterra del siglo XIX los textiles eran la industria más relevante y los tintes eran un gran negocio. Era normal que una solución tan colorida hubiese evocado el punto de vista del beneficio económico obtenido del tinte..., y más todavía si, como en este caso, esa tonalidad en concreto estaba en pleno auge. Perkin probó la misteriosa solución en una tela. «Al experimentar con la materia colorante conseguida de aquel modo —escribió más tarde— descubrí

que se trataba de un componente estable que teñía la seda de un precioso color morado, y que resistía la luz durante mucho tiempo».

Aunque sabía cómo sintetizarlo, Perkin no comprendió en toda su extensión el morado de anilina que había creado. Todavía ignoraba su fórmula molecular, por no hablar de su estructura. Pero enseguida se percató de su posible uso. «El salto inicial de capital importancia lo dio al utilizar, en vez de al tratar de interpretar, los resultados experimentales —observa un historiador de la ciencia—. De hecho, y hasta que se sacó partido de las teorías sobre la valencia y la estructura desarrolladas entre 1858 y 1868, aquel era el único modo de que la formación en química orgánica pudiera tener valor fuera de los laboratorios».

Tras las pruebas posteriores, Perkin contactó con una empresa de tinte escocesa para tantear su interés comercial. «Si su descubrimiento no encarece demasiado los productos», le respondió el hijo del propietario,

> es, sin lugar a dudas, de lo más valioso que ha aparecido en mucho tiempo. Este color es de los que más demanda tienen en toda clase de productos: en las sedas agarra muy mal, y en el hilo de algodón lo hace, pero solo a un elevado precio. Con la presente, adjunto una muestra del mejor lila que tenemos en algodón: en todo el Reino Unido solo lo tiñe una casa, pero ni este tinte agarra bien ni pasa las pruebas que ha pasado el suyo, y se degrada al contacto con el aire. En la seda el color siempre ha sido algo muy fugaz.

Aquel otoño, Perkin abandonó la escuela para convertir el descubrimiento de lo que había bautizado como púrpura tiria en un producto comercialmente viable.

Como muchos empresarios, Perkin tuvo que dar gracias a su ignorancia. De haber sabido lo dura que iba a ser aquella operación, es posible que la hubiera descartado (como, de hecho, Hofmann le aconsejó que hiciera). «Por aquel entonces —reconoció Perkin—, ni mis amigos ni yo habíamos visto las interioridades de las plantas químicas, y los conocimientos que tenía los había sacado de los libros». Extrapolar la tarea a la producción industrial era mucho más duro que producir pequeñas cantidades de tinte en la mesa de trabajo del laboratorio.

Para sintetizar tinte en tan gran cantidad, así como su componente,

la anilina, y los químicos necesarios para producir anilina del benceno, había que inventar un nuevo equipo industrial. «La clase de aparatos necesaria y la naturaleza de las operaciones que se iban a llevar a cabo eran tan absolutamente diferentes de cuantas se hallaban en uso que había poco que se pudiera copiar», recordaba Perkin.

Mientras que la seda absorbía todo el color, el algodón no lo asimilaba..., y el mayor dinero se hacía con el algodón, en especial con los estampados de algodón. Tuvieron que pasar varios años para que las imprentas desarrollaran maneras fiables para fijar el tinte sobre el algodón sin interferir con los otros colores. El propio Perkin consagró buena parte de su tiempo a hacer visitas *in situ* a los clientes, y desarrolló y enseñó nuevas técnicas que permitían preparar los tejidos para su producto.

El esfuerzo tuvo su recompensa. En 1859, el tinte, popularmente conocido por el nombre francés de *mauve,* fue un éxito arrollador, hasta el punto de que la revista satírica *Punch* informó de la existencia de una plaga de «sarampión malva». Otros químicos se apresuraron a emular a Perkin, ya fuera copiándole directamente —él solo tenía la patente británica— o inventando sus propios tintes. Con el éxito de la invención de Perkin, escribe Simon Garfield en su historia del malva, «la ambición química se desencadenó con todas sus fuerzas».[51]

Bastaron muy pocos años para que el malva desapareciera de la escena. Otro tinte de anilina, llamado *fuschine* por su creador francés, y en otros idiomas *magenta*, hizo furor. Pese a ser un científico puro, incluso Hofmann llegó a probar suerte en el juego del tinte, y patentó una línea de tonos de anilina que llegaron a conocerse bajo el nombre de «violetas de Hofmann». A medida que se intensificaba la búsqueda de los colores químicos, la nueva industria de la química fue creciendo a su vez, en especial en Alemania. La demanda, motivada por los tintes, de productos químicos intermedios como la anilina y el benceno llevó a la aparición de nuevas plantas de producción, y, en cuanto se facilitó la disponibilidad de los suministros, a encontrarle un uso adicional a dichos productos, aunque fuera por mor de la investigación. Si bien la industria del tinte «ha aprovechado los hallazgos de los químicos —dijo Perkin en 1813— también ella, a su vez, les ha devuelto estos nuevos productos que no hubieran podido obtener sin su ayuda, y que

han servido como medios materiales para labores todavía más avanzadas».[52]

La investigación de los tintes continuó, aprovechando los modelos estructurales que comenzaron con Kekulé. Los químicos aprendieron a sintetizar y alterar aquellas moléculas que antes solo se encontraban en la naturaleza. En la década de 1870, los clones moleculares fabricados en los laboratorios de empresas alemanas quitaron del medio a la rubia roja y sustituyeron al índigo a finales de siglo. Las enormes extensiones de terreno que desde siempre habían sido destinadas al cultivo de estos ingredientes se volvieron de repente obsoletas. Los campos de rubia roja de Francia volvieron a ser viñedos.

En la India, la transición fue especialmente abrupta. En su año de mayor demanda, que finalizó en marzo de 1895, las Indias británicas exportaron más de nueve mil toneladas de tinte índigo. Una década después, el volumen había caído en picado, en un 74 por ciento, mientras que los dividendos recibidos cayeron en un 85 por ciento. La razón fue la introducción del índigo sintético en 1879. «Estas cifras suponen un amargo registro del declive de una antigua e importante industria —declaró un informe del Gobierno—. El nivel, tan poco lucrativo, al que los precios se han visto obligados a bajar, habida cuenta de la competencia del índigo sintético, ha reducido las plantaciones de índigo de Bengala a menos de la mitad del área que ocupaban diez años antes, y en toda la India la reducción en ese periodo es del 66 por ciento». En 1914, aquella cifra alcanzaba el 90 por ciento. La química desplazó a las colonias como fuente de poder geopolítico. Alemania estaba en auge, y el mundo nunca volvió a ser el mismo.[53]

Khalid Usman Khatri se acuclilla mientras introduce el largo de la prenda en una de las siete cubas de plástico, llenas de agua, que se distribuyen a su alrededor en el suelo, y luego amasa la tela mojada sobre la superficie plana de un par de bloques de hormigón. Aquí es donde empieza la diversión. Agarrando un extremo de la prenda, Khatri levanta el material sobre su hombro y lo golpea una y otra vez

contra esa dura superficie. Zas. Zas. Zas. Zas. Soltando a manera de látigo la prenda contra el hormigón, Khatri consigue eliminar el exceso de tinte de una de las tres series de estampado *block printing,* o estampado por bloques, que habrá de producir un intrincado motivo en blanco y negro.

Maestro del arte indio conocido como *ajarkh,* Khatri emplea técnicas tradicionales de una manera novedosa, y diseña unas originales impresiones por hormigón que dan a los motivos heredados un tono contemporáneo. Normalmente Khatri dirige un taller y no lleva a cabo sus propios lavados. Esta semana, sin embargo, se encuentra en la escuela de diseño Somaiya Kala Vidya para enseñar la impresión por hormigón a un par de novatos extranjeros. Por culpa de la intoxicación alimentaria que sufrí a primeras horas de la mañana, Khatri solo contó con unas pocas horas libres para hacer algo nuevo. Así que ha estado experimentando con monocromos basados en hierro en lugar de emplear los colores que sacudieron el mundo. Está usando un montón de agua.

Algo que aprendí en mi semana de teñido indio es que las palanganas son tan esenciales durante el proceso como los materiales para el tinte, los mordientes y los bloques de hormigón. Enjuagar y verter, enjuagar y verter: se vacían en el patio cuba tras cuba de agua. A mis ojos de convecina de Los Ángeles, curtida en sequías, el proceso produce una inquietante sed. Después de todo, nos encontramos en Adipur, en la región desértica de Kutch, en la zona más occidental del centro de la India. El agua, de hecho, es más abundante en la reseca California del Sur. Aunque Khatri emplea tintes naturales, tan adorados por aquellos que quieren sentirse cerca de la tierra, su proceso no puede decirse que valore la conservación de los recursos.[54]

En nuestra época, tan preocupada por la ecología, mucha gente da por sentado que la vida preindustrial era benigna para los ecosistemas. Pero, tal y como hemos visto, teñir siempre ha supuesto un jaleo: depende de un enorme suministro de agua, de combustibles e ingredientes apestosos. (¡El índigo, que olía a orina! ¡El agua de cebada, que olía a vómito! ¡Las conchas de los caracoles, que olían a carne putrefacta!). Durante miles de años, la principal estrategia para evitar sus negativos efectos colaterales ha sido asegurarse de que el

teñido se hacía en cualquier otra parte: al otro extremo del pueblo o al otro extremo del mundo. La gente se vuelve loca por los bellos resultados, pero no quiere vivir cerca de las tintorerías.

Razón por la cual me sorprendió descubrir una importante planta de teñido y acabado en Los Ángeles, ciudad donde «no me queda cerca» es casi el lema oficial. Aquí el agua es escasa, las emisiones del aire están altamente controladas, la electricidad y la mano de obra son caras..., y todo eso sin contar los impuestos.

Sea como sea, «lo hemos tenido todo en cuenta y la verdad es que nos va bien», dice Keith Dartley, uno de los propietarios de Swisstex California. (Los otros tres propietarios son suizos; de ahí el nombre). Fundada en 1996, la compañía comenzó abasteciendo a contratistas que fabricaban ropas para marcas privadas en Los Ángeles y México. Los minoristas habían comenzado por fin a imponer estándares de calidad, y, lejos de comprar lo más barato, los contratistas precisaban de tejidos de confianza que no destiñeran y tampoco encogieran ni se deformasen. En un tiempo en que los proveedores de toda la vida luchaban por mantenerse, Swisstex construyó un complejo de tecnología punta para ponerse a la altura de las nuevas expectativas.

Hoy se puede decir que su mercado original ha desaparecido, para reubicarse en Asia. Lo que sigue presente es la ropa deportiva... y está en pleno auge. Swisstex tiñe, hace los acabados y, en algunos casos, fabrica prendas de punto para marcas deportivas; entre ellas, Nike, Adidas y Under Armour, así como para fabricantes de camisetas básicas, capuchas y otros productos que precisan de un estampado personalizado. En 2019, Swisstex aumentó su capacidad en un 40 por ciento tanto en su emplazamiento original de Los Ángeles como en una empresa filial situada en El Salvador. La planta de Los Ángeles ahora tiñe y proporciona los acabados de cerca de 63.500 kg de tejido al día, lo que vienen a ser unos 275.000 metros. En El Salvador la capacidad es, tirando por alto, de unos dos tercios esa cantidad. Eso supone un montón de camisetas.[55]

También podría suponer muchísima contaminación del aire, y un montón de consumo de agua, de electricidad y de residuos químicos (los ya conocidos productos de las tintorerías industriales). Los ríos asiáticos coloreados con las tonalidades de la próxima temporada son

un clásico periodístico, y, en 2017, el *Hindustan Times* informó de que los perros callejeros de los suburbios de Bombay se estaban volviendo azules de nadar en el río local; aquella revelación llevó a que los legisladores acabaran cerrando una tintorería.[56] En una pequeña planta de Surat, una localidad que es un núcleo textil de la India sita en el estado occidental de Guyarat, mi anfitrión me muestra el moderno equipo para evitar la polución del aire, que captura pequeñas partículas procedentes del quemador de carbón y las va acumulando en el suelo. Quizá eso satisfaga los estándares de las leyes locales de la India, pero nunca podría funcionar aquí.

Cumpliendo con los estrictos estándares de California, Swisstex quema gas natural, no carbón, usando un equipamiento especial que minimiza las emisiones. La parte de atrás echa los gases de combustión de las telas que se están secando en una máquina conocida como «oxidante térmico». Al calentar el aire a 650 °C se destruyen los hidrocarburos que podrían haberse filtrado de los tejidos, produciendo dióxido de carbono y vapor. Con esto se cumplen los requisitos para evitar la contaminación del aire, pero ahí no acaba la historia. Las partículas, de hecho, ayudan a mantener el buen funcionamiento de las máquinas, pues reducen el uso del gas natural. El sistema también utiliza el vapor para precalentar el agua del tinte. «Nos ahorramos tener que tomar agua a temperatura ambiente y calentarla para realizar el teñido porque ya está caliente —dice Dartley—. Con eso también ahorramos un montón de energía». Por cada medio kilo de tejido, afirma la compañía, Swisstex consume la mitad de la que gasta cualquier tintorería americana, y mucha menos de la que se utiliza en la mayor parte de las tintorerías extranjeras.

Swisstex sobrevive —crece, de hecho— porque sus propietarios, obsesionados con la eficacia, reducen sin cesar la cantidad de agua, de electricidad, de gas y de trabajo necesarios para teñir cada medio kilo de tela. Las claraboyas reducen el gasto en electricidad, y, al estar abiertas, ventilan el aire caliente. Se mezclan por adelantado soluciones de sal o de carbonato de sodio para así poder emplearlas en el mismo momento en que se necesitan, lo que reduce los tiempos. Unos robots controlados por ordenador alinean las costuras con suma precisión, uniendo los rollos de tejido en el mismo lote de teñido y minimizando

así la deformación de las prendas y el gasto superfluo. A un visitante casual se le pasan por alto otras modificaciones hechas con ayuda de las máquinas y por la labor de pequeños procesos. «Son veinticinco años llevando cada cosa a su límite —dice Dartley—. No hay ni un solo equipo que se encuentre en el mismo estado en que lo recibimos». Las mejoras progresivas también suman.

Pensemos en el consumo de agua. Hace una década, Swisstex usaba unos veinte litros de tinte por cada medio kilo de tejido. Es una cifra sorprendentemente pequeña, menos de la mitad de lo que habría en una de las palanganas de Adipur y un promedio inusualmente bajo para una planta industrial. Un complejo dedicado al teñido, bien dirigido, podría con facilidad usar casi cien litros; y uno que desperdicie mucho, hasta cerca de trescientos. Más impresionante resulta el hecho de que, en los últimos diez años, Swisstex haya recortado el consumo de agua en un 40 por ciento: de veinte litros por kilo a poco más de diez. «Usamos menos agua por kilo que cualquier tintorería sobre la faz de la tierra», presume Dartley. Ese logro no provino de un gran adelanto aislado o de una nueva pieza para el equipo, sino de cientos de pequeñas mejoras que tuvieron lugar a lo largo de todo el proceso: mejores máquinas, mejores tintes, controles más afinados.



Contenedores de tinte en el laboratorio de pruebas de Swisstex, en Los Ángeles, donde unos robots calculan las cantidades precisas para crear unidades reducidas de las nuevas fórmulas de color, lo que reduce el gasto y asegura una reproducción exacta. (Foto de la autora)

«Por ahí verás a uno de mis socios cronómetro en mano, calculando las cosas literalmente en segundos, para ver dónde podemos recortar un poco más», dice Dartley. Allá por los años noventa del pasado siglo, cuando los fundadores trabajaban en otra tintorería, un proceso de teñido tardaba doce horas en producir colores oscuros, en comparación con las cuatro o cinco de hoy. Ahorrar tiempo significa reducir energía, lo que significa ahorrar dinero y, para aquellos a los que tal cosa importa, reducir las emisiones de carbono.

Y últimamente cada vez hay más gente a la que eso importa. «Es algo que se ha vuelto muy relevante este año —dice Dartley durante mi visita, en septiembre de 201—. Este año es la primera vez que he empezado a ver tanto a marcas como a minoristas decidiendo su abastecimiento en función de la sostenibilidad. ¿Por qué? Porque el consumidor ya no acepta las prácticas irresponsables que perjudican el medio ambiente, y todo es más transparente con internet». En una industria competitiva en grado sumo, la reputación respecto al medio

ambiente ahora importa. Los clientes siguen esperando que sus ropas sean atractivas, cómodas y tengan precios razonables. Pero todo el mundo tiene en cuenta la protección del medio ambiente.

Cada vez es más posible crear textiles llenos de color con mínimos efectos colaterales. No obstante, ello requiere de controles precisos, una tecnología avanzada y una mejora constante. No se logra aplicando una especie de pensamiento adánico. Se logra pensando como un relojero suizo. La tecnología que permite un teñido inocuo desde el punto de vista medioambiental no es un arte perdido. Es algo que todavía estamos inventando.[57]

Capítulo cinco

COMERCIANTES

Oh, lana, noble dama, de cada mercader eres la diosa. Se inclinan todos ellos por servirte.
En pos de tu riqueza y tu fortuna haces que unos asciendan a lo alto, y a los otros los lanzas al abismo.
JOHN GOWER, *Mirour de l'omme*, ca. 1376-1379

Lamassī estaba haciendo cuanto podía por cumplir con el pedido de una bonita prenda de lana, por veleidosos que se le antojaran los requisitos. Primero, su marido pidió que hubiera menos lana en el tejido, y luego pidió más. ¿Por qué no se aclaraba de una vez? Quizá fueran los clientes que tenía en ese lejano país. Quizá no sabían lo que querían. Fuera como fuese, su última tanda de ropa, o al menos su mayor parte, pronto estaría de camino. Quería que Pūsu-kēn supiera que iba a llegar. Quería que supiera que estaba haciendo su trabajo. Quería un poco de agradecimiento.

Lamassī formó una bolita de arcilla húmeda entre las manos, luego la aplastó y la alisó hasta obtener una lisa tablilla con forma de almohada, que sostuvo en el cuenco de las manos. Tomó su estilo y procedió a escribir, marcando en aquella arcilla mojada unos caracteres en cuña.

> Dile a Pūsu-kēn que Lamassī dice esto:
>
> Kulumāya te lleva nueve telas. Iddin-Sîn te lleva tres telas. Ela se negó a llevar tela alguna e Iddin-Sîn se negó a aceptar otras cinco telas.
>
> ¿Por qué siempre me escribes que «¡Las telas que me mandas no sirven ni para una vez!»? ¿Quién es esa persona que vive en tu casa y denigra las prendas que te envío? Por mi parte, hago lo posible por hacer y enviarte las telas para que al menos por cada viaje lleguen a tu casa diez siclos de plata.

Tras completar el mensaje, Lamassī secó la tablilla al sol. Luego la envolvió en una especie de gasa, que la mujer cubrió con una fina capa de arcilla. Pasó un sello cilíndrico por encima de la capa de arcilla para marcar la carta como propia. Un mensajero se la llevaría a su marido, que se encontraba a unos 1.200 kilómetros, en la ciudad anatolia de Kanesh.

Cuatro mil años después, la carta de Lamassī es una de las veintitrés tablillas cuneiformes desenterradas en el yacimiento de Turquía que otrora fue la ciudad de Kanesh. Estas cartas y documentos legales, hallados casi en su totalidad en los hogares de mercaderes expatriados como Pūsu-kēn, recogen las prácticas y personalidades de una floreciente cultura comercial. Son nuestros registros más antiguos del comercio a larga distancia.[1]

Desde las caravanas de la Edad del Bronce a los buques contenedores de hoy día, los textiles siempre han jugado un papel fundamental en el comercio. Todo cuanto viste el cuerpo y decora la casa representa, a un tiempo, necesidades, objetos de belleza y apreciados bienes que definen el estatus. Los tejidos se transportan con facilidad; las fibras y los materiales para el tinte florecen en regiones específicas, y una comunidad humana particular desarrolla unas ciertas habilidades que hacen que sus productos textiles sean especialmente deseables. Todas estas características fomentan la especialización local y, con ella, su complemento: el intercambio.

Además, a cada etapa de la producción textil, desde la fibra a la prenda ya finalizada, la separan de la siguiente tanto el tiempo como el espacio. Cada una de ellas incurre en gastos que han de cubrirse mucho antes de que la venta definitiva se haya llevado a cabo. Y cada una ve renovado el peligro de que un accidente, una catástrofe natural, el robo o el fraude destruyan el valor del producto. ¿Cómo sobrellevar las amenazas naturales —clima, pestes, enfermedades— y la maldad de la acción humana? ¿Cómo saber con exactitud lo que estamos comprando? Dando por sentado que todo haya ido bien, ¿cómo se recibe el pago? La civilización comercial depende de poder dar respuesta a estas cuestiones.

Como las torteras y los montones de conchas de los caracoles marinos, las tablillas que conocemos como «Antiguos archivos

privados de los asirios» son un testimonio del papel fundamental que ocuparon los tejidos en los primeros tiempos de la innovación. Aquí, los inventos no son objetos materiales ni procesos físicos, sino «tecnologías sociales»: son los registros, acuerdos, leyes, prácticas y estándares que fomentan la confianza, reducen los riesgos y permiten realizar transacciones en el tiempo y la distancia, incluso entre desconocidos.[2]

Al permitir el intercambio pacífico, estas instituciones económicas y legales dan pie a mercados más amplios y, con ello, a la división del trabajo, que conduce a la variedad y la abundancia. Son tan esenciales para la prosperidad y el progreso como cualquier cosa concebida en un taller o un laboratorio. A los beneficios económicos se suman ganancias menos materiales, que proporcionan al hombre nuevas maneras de pensar, actuar y comunicarse. Y, una vez más, detrás de aquello que impulsa la inventiva encontramos el deseo de tejidos.

Lamassī vivía en Aššur, cerca del paso del río Tigris por la ciudad de Mosul, en la actual Iraq. Siglos después, el nombre de dicha población daría su nombre al Imperio asirio, pero en aquella época era una humilde ciudad-Estado gobernada por mercaderes.

Salvo por los arreos de los burros y la ropa de sus mujeres, la propia Aššur producía poco. Sí era, en cambio, una capital comercial. De las remotas minas del este llegaba estaño, esencial para la aleación de cobre que forjaba las herramientas y las armas de la Edad del Bronce. Del sur llegaban los acadios, con prendas de lana, confeccionadas en sus talleres por mujeres prisioneras y esclavos. La lana cruda llegaba por vía terrestre, cuando los nómadas conducían sus rebaños a la ciudad para el esquilado. Las mujeres de Aššur adquirían los vellones para hilar y tejer en sus codiciadísimas fábricas, cada pieza cortada en un estándar de ocho codos de ancho y nueve codos de largo, unos dos metros por dos metros y medio. «Una sola tela de buena calidad —observa Mogens Trolle Larsen, asiriólogo— podía costar fácilmente lo mismo que un esclavo o un burro».

Aššur era una ciudad de intermediarios, los primeros de los que se

conserva registro, aunque es posible que no fueran los primeros de manera literal. Sus mercaderes adquirían estaño y textiles, y los exportaban a Kanesh junto con lo que tejían sus mujeres. Dos veces al año, evitando las tormentas de invierno que cerraban los pasos de montaña, las caravanas de burros hacían aquel viaje de seis semanas. Una sola caravana podía transportar mercancías procedentes de ocho comerciantes distintos, y en ella treinta y cinco burros podían acarrear más de cien piezas de tela y dos toneladas de estaño. Algunas de las mercancías eran el impuesto a pagar en las dos ciudades y en los reinos que había en el camino, pago que garantizaba un paso seguro. El resto se cambiaba por plata y oro. En otra de sus cartas, Pūsu-kēn le envía a Lamassī un cálculo de lo recaudado por sus telas: cuántas piezas se emplearon como impuesto, cuántas fueron vendidas y cuánto dinero calcula que todavía pueden ganar. Tenemos esta carta porque Pūsu-kēn conservó una copia.



Una carta cuneiforme de Kanesh en la que se discute el comercio textil, ca. *s. XX-XIX a. C. (Museo Metropolitano del Arte de Nueva York)*

Cuando Lamassī tomó su estilo, la escritura cuneiforme ya tenía mil años. La mayor parte del tiempo, sin embargo, escribir había sido monopolizado por una pequeña clase de escribas adiestrados de forma especial, probablemente un mero 1 por ciento de la población. Durante

gran parte de la historia humana, la alfabetización pertenecía a unos pocos, en su mayoría hombres que trabajaban para el Estado o en instituciones religiosas.

No sucedía así en Aššur.

«En esta sociedad de mercaderes trashumantes —escribe Larsen— era esencial que los hombres y las mujeres que tomaban parte en las actividades comerciales tuvieran un cierto dominio de la escritura. Debían poder leer una carta cuando estuvieran lejos, en un pueblo donde no hubiera escribas profesionales, o de otro modo podrían encontrarse en la situación de que una carta contuviera información confidencial que no pudiera transmitirse ni ser vista por un tercero». Para los antiguos asirios, las cartas eran una tecnología fundamental.

Los mercaderes asirios necesitaban enviar instrucciones entre Aššur y Kanesh, y entre Kanesh y las ciudades de los alrededores, donde sus agentes vendían telas y estaño. Necesitaban registrar órdenes, ventas, préstamos y otros contratos. Necesitaban la flexibilidad y el control que proviene de la alfabetización.

Con el tiempo, aquellos pragmáticos mercaderes simplificaron la escritura cuneiforme, lo que facilitó la tarea de aprender y escribir. Inventaron una nueva forma de puntuación que los ayudaba a leer los documentos deprisa, de una pasada. Algunos escribían bien, y otros no tanto. Pero en una sociedad de mercaderes con tratos a larga distancia, la mayoría de los hombres y muchas mujeres conocían las letras.[3]

El comercio exigía comunicaciones transparentes, en particular si el propietario de los negocios no dirige cada negociación en persona. Pensemos en Pūsu-kēn. Primero acudió a Kanesh como agente intermediario de un anciano mercader de la ciudad de Aššur y, aun cuando sus propias iniciativas comerciales no habían dejado de crecer, continuó trabajando en nombre de varios comerciantes de su ciudad natal. Cuando los textiles y estaños de dichos comerciantes llegaban a Kanesh, Pūsu-kēn necesitaba saber qué debía hacer con aquellas mercancías.

Una opción era vender la remesa enseguida en la plaza del mercado de la ciudad. «Consigue que mis mercancías se paguen con dinero a la entrega, al precio que puedas obtener —escribió a Pūsu-kēn un mercader hambriento de dinero—. ¡Da instrucciones de que no se

entreguen los bienes a crédito a ningún agente!». En este caso, era preciso que la plata llegara de inmediato, aunque una venta rápida supusiese aceptar un precio más bajo.

La alternativa para Pūsu-kēn era vender las telas y el estaño a un agente que aceptase pagar tras un cierto periodo de tiempo. El contrato de reconocimiento de deuda estaría sellado en el interior de un sobre sobre el cual se repetía su texto; el sobre se rompía cuando se cancelaba la deuda. «Toma el estaño y las telas en bloque», instruía a Pūsu-kēn otro mercader de Aššur,

> y vende las mercancías [a crédito] bien a corto plazo o bien a largo plazo, mientras pueda asegurarse un beneficio. Vende lo mejor que puedas y luego en una carta infórmame de los términos y del precio en plata.

Un agente que comprase a crédito solía pagar un 50 por ciento más de lo que podía obtener en la plaza del mercado de Kanesh. Después vendía las mercancías en ciudades distantes, donde los precios eran más elevados. Al proporcionar un capital circulante, el arreglo le concedía tiempo para obtener un beneficio propio, pese a pagar una prima por los artículos: era una ganancia para ambas partes.

Siempre, desde luego, que el agente pagara su deuda. Porque podía fugarse con la mercancía y no regresar a Kanesh. Podía no obtener beneficio alguno y negarse a pagar. Podía sufrir un robo o algún daño, o incluso morir. Vender a crédito suponía asumir ciertos riesgos, y las cartas desde Aššur a menudo urgían al receptor a encontrar un agente «en el que se pudiera confiar como en uno mismo». Con el contrato por escrito, el mercader podía llevar al deudor a los tribunales, si es que llegaban a encontrarlo. Pero por aquel entonces, como sucede ahora, era mucho más preferible tratar con alguien que respetaba su parte de un acuerdo.[4]

Las cartas son una tecnología tan antigua que no reparamos en su importancia. Sin embargo, son cruciales para los negocios a larga distancia. Al articular, transmitir y preservar las órdenes del emisor, las cartas eran «herramientas que permitían a un comerciante proyectar en el espacio su autoridad sobre su dinero y sus bienes», escribe una historiadora. Alude a los mercaderes judíos que vendían telas, material

de teñido y otras mercancías por el Mediterráneo islámico en el siglo XI.[5] No obstante, la descripción bien puede aplicarse a cualquier época anterior al teléfono. Cuando el comercio se extendió en términos de tiempo y de distancia, la correspondencia escrita —y la pulcritud en la escritura que se requería— vino por sí sola.

La gente de Turfán, una ciudad-oasis en la actual Sinkiang, al noroeste de China, vestía a sus muertos con prendas, zapatos, cinturones y sombreros hechos no de tela o cuero, sino de contratos desechados y documentos escritos. Hoy, estos papeles reciclados constituyen un excelente, aunque azaroso, registro de las instituciones y costumbres de los políglotas habitantes de la ciudad. Entre ellos se cuenta el contrato en lengua china más antiguo que se conserva, la adquisición de un féretro a cambio de veinte rollos de seda descrudada (*lian*) en el año 273. En otro contrato, este del año 477, un mercader de la Sogdiana adquiere un esclavo iranio por 137 rollos de algodón (es el registro histórico más antiguo que se conserva sobre el algodón de la región). No eran estas unas simples transacciones de trueque. En Turfán, la tela era una importantísima tecnología social: era dinero, expresado en rollos estándar, de igual modo que la plata era dinero en Aššur.[6]

Cuando China conquistó Turfán en el año 640, los nuevos gobernadores pusieron un mayor empeño en consolidar la tela como moneda, así que la usaban para pagar a los soldados y comprar provisiones. Un soldado chino llamado Zuo Chongxi, que también era un adinerado granjero, dejó un libro de contabilidad que recoge el número de rollos de seda empleados para sus adquisiciones (entre ellas, caballos, comida para estos, una oveja y alfombras). Las monedas las reservaba para transacciones menores. Por un esclavo de quince años pagó seis rollos más cinco monedas. Los rollos de seda eran los billetes grandes, y las monedas, el suelto.[7]

Víctima de la escasez crónica de monedas, en especial en las zonas rurales, la dinastía Tang (618-907) incentivó como alternativa el uso de tejidos. En el año 732, el Gobierno declaró los rollos de cáñamo y seda moneda de curso legal, lo que significaba que debían aceptarse como

pago. En 811 ordenó a los ciudadanos que sus mayores adquisiciones las hicieran en telas o grano, mejor que en monedas. Más importante aún fue que los impuestos los recaudaba en medidas estándar de grano y en estándares de rollos de seda o cáñamo. Sus ejércitos comían grano, pero los tejidos circulaban como moneda. Al recibir sus pagos en seda y cáñamo, los soldados y los oficiales gastaban sus salarios en los mercados locales; los tenderos hacían entonces sus propias adquisiciones con dinero textil. Aun actuando las monedas como unidades de contabilidad, los rollos de tela eran el medio de intercambio más frecuente.

Una historia relatada por el escritor del siglo IX Li Zhao recoge la situación. Un día de invierno, un carro lleno de pesada cerámica quedó atrapado en la nieve y el hielo, bloqueando un estrecho camino. Las horas pasaban, y la multitud de frustrados viajeros que marchaban tras el carro aumentaba por momentos. Amenazaba la oscuridad.

> Entonces un viajero, un cierto Liu Po, se acercó, látigo en mano, y preguntó: «Cuánto valen los jarrones que hay en el carro?». La respuesta fue: «Entre 7.000 y 8.000 monedas», a lo cual Liu Po respondió abriendo sus bolsas, sacó un poco de seda de *lian* descrudada, pagó el precio, y ordenó a su criado que se subiese al carro, soltase las cuerdas y tirase los jarrones por el precipicio. Un rato después, el carro, aligerado de su peso, pudo continuar su avance. La multitud aplaudió y todos siguieron su camino.

Como observa un historiador, el relato demuestra que los mercaderes trashumantes llevaban de manera rutinaria rollos de seda para usarlos como dinero, y que podían calcular con rapidez el valor de las monedas en seda: «La velocidad a la que se llevaba a efecto la transacción demuestra que convertir monedas en seda, y viceversa, era una práctica generalizada en aquella época, y que se trataba de una habilidad que buena parte de la población poseía».[8]

En las economías preindustriales, los tejidos tienen muchas de las características esenciales de una buena moneda. Son duraderos, se pueden trasladar y dividir. Los rollos podían fabricarse en tamaños estándar y en una calidad uniforme. La cantidad es limitada, porque lleva mucho tiempo producir una tela, y esta abandona el flujo del dinero al verse transferida al uso cotidiano, lo que evita la inflación.

Aunque tendemos a pensar que el dinero es algo establecido por las

autoridades centrales, como sucedía en la China de Tang con el dinero-seda, ese no tiene por qué ser necesariamente el caso. En otras partes del mundo la moneda textil surgió del uso comercial, respaldado, pero no creado, por la ley.

El cuento islandés de Audun comienza a principios de verano, a mitad del siglo XI, cuando un mercader noruego llamado Thorir arriba al noroeste de la isla, a la península de Vestfirðir.[9] Al vivir en una tierra inhóspita, donde ni bosques ni granjas tenían cabida, los islandeses se confiaban a las importaciones de leña y grano. Pagaban por estas mercancías con la misma moneda que usaban de manera local: una tela de sarga llamada *vaðmál*. Thorir podía vender sus mercancías en Islandia y regresar en un barco cargado de telas. Pero había un problema: los clientes no tenían suficiente liquidez —*vaðmál*— a mano.

«Si había que pagar al noruego por su harina y su leña, era improbable que el comprador islandés tuviera tela tejida suficiente hasta muy entrado el verano, en el mejor de los casos», explica un historiador del derecho legal, erudito de las sagas islandesas. «El mercader tendría que esperar hasta que literalmente tú fabricabas tu dinero para pagarle, y no era infrecuente que el mercader tuviera que permanecer allí el largo invierno para recibir su pago». Mientras tanto, el grano podía pudrirse.

Por fortuna para Thorir, el héroe del relato islandés, Audun, identifica a los clientes más dignos de crédito. Si Thorir les entrega ahora el grano, puede confiar sin temor en recibir las telas a tiempo para zarpar a finales de verano. Como recompensa por el servicio que ha prestado al entregar sus informes de crédito, Audun consigue un pasaje en el barco, lo que desencadena los sucesos del cuento.[10]

La *vaðmál* islandesa no era solo una mercancía. Tejida en estándares específicos, era un medio de intercambio y de reserva de valor legalmente reconocido, la primera forma de moneda existente durante el periodo de la Mancomunidad Islandesa (930-1262). Como unidad de contabilidad, tercera función del dinero, una pieza de *vaðmál* de dos codos de ancho y seis codos de largo (cerca de un metro por tres) era «una medida y un medio de intercambio omnipresentes en los textos

legales islandeses, en los libros de contabilidad, en los inventarios eclesiásticos y en los registros de las granjas hasta muy entrado el siglo XVII», escribe la arqueóloga antropológica Michèle Hayeur Smith.[11]

Las pruebas arqueológicas respaldan los registros escritos. Examinando al microscopio más de 1.300 fragmentos textiles arqueológicos, Hayeur Smith encontró claros indicios de que la tela se había convertido en dinero. Entre el material procedente de la época vikinga, antes del 1050, hay muchas estructuras tejidas distintas y una gran variedad de recuentos de hilos. Los fragmentos medievales, en cambio, son mucho más uniformes (destaca sobre todo la densa sarga aceptada como dinero legal). El análisis, escribe Hayeur Smith, revela «tales grados de estandarización y omnipresencia que uno solo puede llegar a la conclusión de que la tela se había convertido en verdad en una unidad de medida, que era un tipo de "tela de uso legal", producida y puesta en circulación por toda la isla entre domicilios de todas las clases sociales». En la Edad Media, «los islandeses tejían dinero en abundancia».[12]

También en el África Occidental, los mercaderes, al menos hasta el siglo XI, empleaban tejidos para crear la moneda que precisaban en sus negocios. Muchas de las telas del África Occidental consisten en unas franjas estrechas que luego son cosidas entre sí para formar un tejido más largo, el cual se viste como una sola pieza (la tela kente es un ejemplo de ello). Al contrario de las coloridas telas usadas como atavíos, una franja concebida para ser utilizada como moneda se dejaba sin teñir y se enrollaba en un ovillo firme, plano, al sacarlo del telar. Los mercaderes podían enrollar esos ovillos en el suelo, colgarlos a ambos costados de un animal de carga o llevarlos sobre la cabeza, con otras mercancías encima. Puesto que los anchos del tejido variaban de un lugar a otro, si un mercado concreto atraía más de un tipo de ancho, los comerciantes fijaban una tasa de intercambio estándar. Un determinado largo de franja, por lo general, el de una bata de mujer, sería la unidad monetaria principal, mientras que una prenda completa constituiría una unidad más amplia.

Aunque en África la tela monetaria funcionaba sobre todo como dinero, también tenía un mercado de consumo entre los pobres y los

moradores del desierto en el norte, que carecían de algodón. «De ahí que la tela monetaria tuviera de siempre una naturaleza “unidireccional”», escribe un historiador. En el comercio este-oeste, su valor permaneció, en esencia, sin cambios. Hacia el norte, sin embargo, con una unidad de prenda se compraban más cosas; hacia el sur se compraban menos. Los comerciantes tenían esto en cuenta a la hora de ajustar sus gastos de viaje.

> Un mercader procedente del Alto Volta, por ejemplo, que viajase a Tombuctú para comprar sal con la tela producida en su tierra natal, usaría la tela para pagar los gastos de su viaje al norte; pero en el viaje de regreso preferiría usar la sal, que ascendía de valor al ir hacia el sur, aun cuando antes tuviera que cambiarla por la tela monetaria local.

Sucedía lo mismo con la plata y el oro que llegaban en abundancia de las Américas (donde su valor era menor) a Europa y Asia (donde valía más). La tela monetaria, de hecho, se autorregulaba mejor y tenía menos tendencia a la escasez o la inflación que el dinero en metálico. Cuando aumentaba su valor, los tejedores hacían más. Si se volvía menos valioso, los consumidores se llevaban más. El resultado era un valor que se mantenía bastante constante con el paso del tiempo, un valor fijado por el precio de la tela como mercancía.[13]

El dinero es una convención social que se autoperpetúa, un vale que confiamos siga ostentando valor en futuros intercambios. Si los compradores y vendedores y los tribunales y las autoridades que se encargan de los impuestos aceptan los textiles como pago, entonces los textiles son dinero.

A finales del siglo XIII, los comerciantes del norte de Italia comenzaron a organizar sus negocios de una forma nueva. En lugar de cruzar toda Francia, en un viaje que se prolongaba durante un mes, para acudir a la gran feria internacional de la Champaña, permanecían en casa, enviaban a sus socios o agentes a que se alojasen a tiempo completo en la zona, y movían sus mercancías de una punta a la otra empleando transportistas especializados. Esta división del trabajo, que no le habría

resultado ajena a Pūsu-kēn, es parte de lo que se ha dado en llamar la revolución comercial del siglo XIII.

Al principio, los negocios de la feria aumentaron, aun cuando en ella cada vez se cambiaban menos mercancías de mano. «Un italiano podía llegar en la Champaña al acuerdo de adquirir un cierto número de rollos de tela flamenca de una calidad específica, y se podían transportar directamente desde Flandes a Italia sin que fuera necesario pasar por la ciudad donde el negocio tenía lugar», explica un historiador. Los comerciantes no tardaron en darse cuenta de que podían prescindir por completo de la feria si abrían puestos en las ciudades donde hacían la mayor parte de sus negocios, como, por ejemplo, París, Londres y Brujas. En 1292, París contaba seis hombres de negocios italianos entre las siete personas que más impuestos pagaban.[14]

Al haber menos contacto físico, las cartas y la conservación de registros no hizo sino crecer en importancia. En una carta a su madre desde el despacho de su negocio en la lejana Valencia, propiedad de su familia florentina, Lorenzo Strozzi, a sus dieciséis años, informaba de que copiaba doce cartas al día. «Escribo tan rápido que os maravillaríais, más rápido que nadie en la casa», escribió en abril de 1446. Haciendo las veces de una fotocopiadora del siglo XV, el joven Lorenzo aprendió el negocio familiar y las convenciones de la correspondencia comercial. Cuando en sus cartas describía a su madre las telas y las modas que más gustaban a las damas catalanas, demostraba el criterio de un buen mercader de textiles. Escribir buenas cartas, tanto en la forma como en el contenido, era una habilidad mercantil esencial.[15]

Con el crecimiento de las operaciones a larga distancia llegó otra tecnología social esencial: el servicio regular de correos. En 1357 los mercaderes florentinos hicieron causa común para crear la *scarsella dei mercanti fiorentini,* que recibía su nombre de la *scarsella,* o bolsa de cuero del mensajero. Contrataban correos y caballos para hacer viajes regulares desde Florencia y Pisa a Brujas y Barcelona. (La ruta de Brujas también se detenía o en Milán y Colonia, o en París). Los mercaderes de otras ciudades imitaron el ejemplo florentino, y, a

principios de siglo, los *scarselle* partían de Luca, Génova, Milán y Lombardía. Con el tiempo, Barcelona, Habsburgo y Núremberg seguirían el modelo italiano.[16]

Viajando por *scarsella,* una carta tardaba un mes en llegar desde Brujas o Londres hasta las ciudades portuarias de Italia y España. (Los barcos eran más rápidos, pero solo hacían dos viajes al año). Los comerciantes escribían, al menos, con esa frecuencia. «La falta de correspondencia durante dos meses era algo muy raro. Por lo general, los comerciantes se quejaban y exigían más cartas si la ausencia de correo se alargaba más de un mes», escribe el historiador Jong Kuk Nam. Este historiador analizó la correspondencia comercial conservada en los ingentes archivos que dejó Francesco di Marco Datini, quien dirigía su multinacional textil y algunas operaciones bancarias desde Prato, cerca de Florencia. Con aquel constante fluir de cartas que llegaban desde tan diversos núcleos comerciales, Brujas se convirtió no solo en una capital de la lana y el lino, sino también, escribe Nam, «en el más importante centro de noticias e información del norte de Europa».[17]

Las cartas que contenían información comercial viajaban con especial rapidez entre las ciudades italianas. El 7 de marzo de 1375, el comerciante de seda veneciano Giovanni Lazzari respondía a la carta del 26 de febrero de Giusfredo Cenami, también comerciante de Luca. Antes de hablar de negocios, Lazzari comenta la carta de Cenami, dejando así a los historiadores del futuro un registro de los plazos del correo. «Dices que recibiste cuatro de mis cartas en dos días —escribió —. Te las envío de la manera habitual, el miércoles y el sábado». La carta de Lazzari, que era en gran medida un informe de mercado, aportaba cosas tales como los precios de la seda, los cambios de divisa y un consejo sobre moda («En estos días los jóvenes venecianos están empezando a vestirse al estilo florentino»).[18]

Gracias a la regularidad del correo, escribe un historiador, «los hombres de negocios florentinos, lucanos, pisanos, venecianos, genoveses y milaneses que se hallaban en el extranjero disponían de un adecuado conocimiento de sus mercados que les permitía negociar y, sabiendo lo que necesitaban, solicitar el envío de suministros para responder a esa demanda». Una prueba se encuentra en los archivos

Datini, que recogen cerca de cincuenta años de listados con los precios de mercancías «procedentes de lugares tan distantes como Damasco y Londres».[19] Transmitida por carta, aquella continua información mercantil sostenía las fortunas, muchas de ellas basadas en los tejidos, que fundaron las obras humanistas y los tesoros artísticos por los cuales recordamos el Renacimiento italiano.

En 1479, a solo escasos meses de su decimoprimer cumpleaños, Nicolás Maquiavelo dejó la escuela donde aprendía a leer y escribir y fue a estudiar con un maestro llamado Piero Maria. El futuro autor de *El príncipe* pasó los siguientes veintidós meses aprendiendo los números indoarábigos, las técnicas aritméticas y un apabullante surtido de conversiones de moneda y medidas.[20] Sobre todo, resolvía enunciados como estos:

Una página del Libro de abacho (1561), *de Piero Borghi, donde se explica la manera de solucionar un problema sobre trueques de tela y lana comparados con su pago en especie. (Observatorio Astrofísico de Turín, vía Internet Archive)*

Si 8 *braccia* de tela valen 11 florines, ¿cuánto valen 97 *braccia*?

20 *braccia* de tela valen 3 liras y 19 kilos de pimienta valen 5 liras. ¿Qué cantidad de pimienta equivale a 50 *braccia* de tela?

Había un tipo de problema que reflejaba la escasez de monedas de la época. A las mercancías que se vendían por su precio en monedas se les cargaba un extra si el comprador pagaba con otros bienes. (Estos problemas dan por cierta la familiaridad con las convenciones comerciales y, por tanto, presentan ambigüedad para el lector moderno).

Dos hombres quieren hacer un trueque entre lana y tela, esto es, uno tiene lana y el otro tiene tela. Una *canna* de tela vale 5 liras y en el trueque se ofrece a 6 liras. 45 kilos de lana valen 32 liras. ¿Por cuánto debería ofrecerse en un trueque?

Dos hombres quieren hacer un trueque entre lana y tela. Una *canna* de tela vale 6 liras y en el trueque se valora a 8 liras. 45 kilos de lana valen 25 liras, y en el trueque se ofrecen a un precio tal que el hombre que vendía la tela descubre que ha ganado el 19 por ciento. ¿A qué precio se han ofrecido los 45 kilos de lana durante el trueque?

Otros ejercicios eran rompecabezas disfrazados tras unos detalles ostensiblemente realistas.

Un mercader estaba al otro lado del mar con su compañero y quería viajar por mar. Llegó al puerto desde donde debía zarpar y encontró un barco en el que dejó una carga de 20 sacos de lana, y el otro llevó una carga de 24 sacos. La nave comenzó su viaje y salió al mar. El capitán del barco dijo: «Debéis pagarme los gastos de transporte por la lana». Y los mercaderes dijeron: «No tenemos dinero, pero toma un saco de lana de cada uno y véndelo y tómalo como pago, y danos de vuelta el sobrecoste». El capitán vendió los sacos y los tomó como pago y devolvió al mercader que tenía 20 sacos 8 liras, y al mercader que tenía 24 sacos 6 liras. Dígase por cuánto se vendió cada saco y cuánto le costaron los gastos de transporte a cada uno de los mercaderes.[21]

Además de sus afamadas artes y letras humanistas, las ciudades mercantiles de comienzos de la Edad Moderna italiana promovían una nueva forma de educación: las escuelas conocidas como *botteghe d'abaco.* La frase literalmente significa «talleres de ábaco», pero lo que se enseñaba nada tenía que ver con contar bolitas o calcular tablas. Muy al contrario, un *maestro d'abaco,* también conocido como *abacista* o *abbachista,* enseñaba a sus estudiantes a calcular con lápiz y papel en lugar de desplazar fichas en un tablero.

Las escuelas tomaban ese nombre tan equívoco del *Liber abaci,* o *Libro de cálculos,* publicado en 1202 por el gran matemático Leonardo de Pisa, más conocido como Fibonacci. Educado en el norte de África por su padre, que representaba a los mercaderes pisanos en la aduana de Bugía (hoy Bujía, Argelia), el joven Leonardo aprendió a calcular usando los nueve dígitos hindúes y el cero arábigo. Aquello lo entusiasmó.

Tras pulir su talento para las matemáticas mientras viajaba por todo

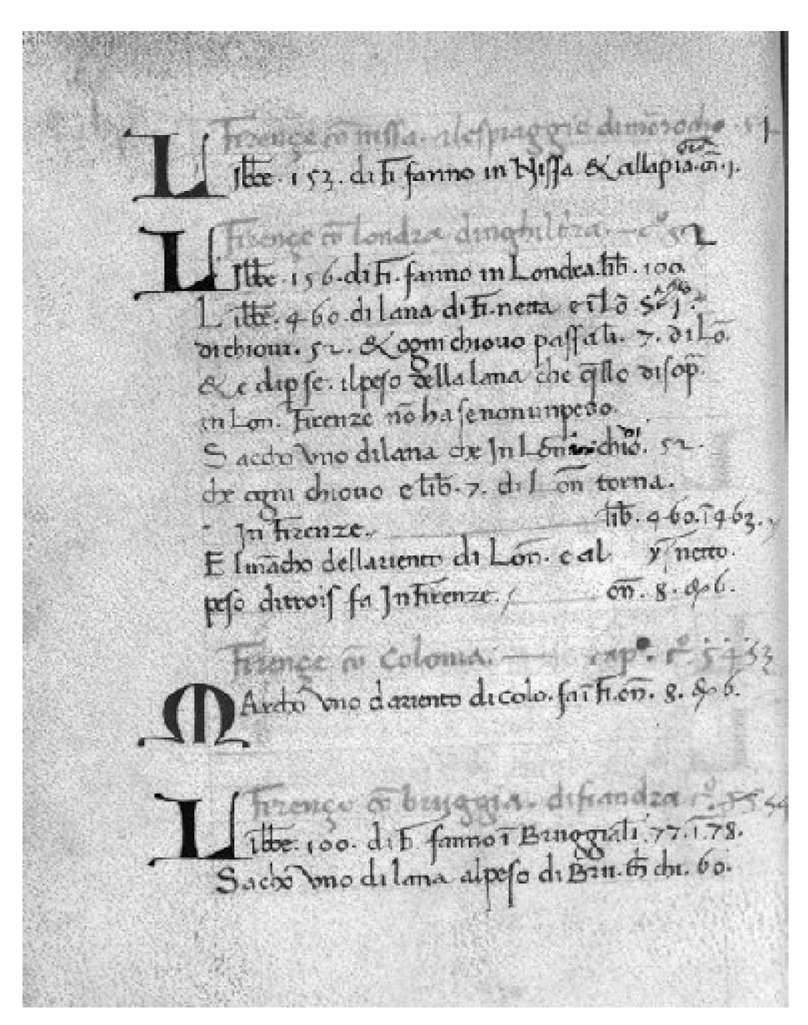
el Mediterráneo, Fibonacci regresó por fin a Pisa. Allí publicó el libro donde se presentaba con entusiasmo el sistema numérico que empleamos hoy. «Este método es más perfecto que el resto —escribió Fibonacci en la introducción—, esta ciencia se enseña a los entusiastas, y al pueblo italiano por encima de todos». Aunque escrito en latín, el idioma de los estudiosos y los hombres de Iglesia, el libro está lleno de problemas comerciales.

«El propósito de Leonardo era sustituir los números romanos por los números hindúes no solo entre los científicos, sino también en el comercio y entre la gente corriente —escribe el matemático que tradujo el *Liber abaci* al inglés moderno—. Cumplió su cometido quizá en un grado superior a lo que jamás hubiera podido soñar. Los mercaderes italianos llevaban las nuevas matemáticas y sus métodos allí adonde iban, por todo el mundo mediterráneo».[22] Del mismo modo en que, tiempo atrás, el alfabeto viajó con los fenicios que transportaban la púrpura tiria, también el cálculo viajó con la seda y las prendas de lana. Una vez más, el mercado de los tejidos proporcionó al mundo nuevas maneras de pensar y de comunicarse.

La novedad del cálculo con lápiz y papel del método de Fibonacci resultaba ideal para los hombres de negocios, que escribían montones de cartas y necesitaban registros de contabilidad permanentes. A finales del siglo XIII, los profesores especializados comenzaron a enseñar el nuevo sistema y a escribir manuales en lengua vernácula. Las obras se vendían sin cesar, y servían a un tiempo como libros de texto para los niños, como herramientas de referencia para los comerciantes y, con sus ejercicios de rompecabezas, como material para el ocio.

Entre los cientos de manuales que los abacistas publicaron se encuentra el primer libro de matemáticas impreso que conocemos, la *Aritmética de Treviso* (titulado originalmente *L'arte dell'abbaco*), de 1478, así como una obra del pintor Piero della Francesca. (Su conocidísimo libro sobre la perspectiva ya trataba la nueva matemática). El manual de mayor contenido enciclopédico, la *Summa de arithmetica, geometria, proportioni et proportionalità,* publicado en 1494, fue el primer libro que popularizó una tecnología social complementaria: la contabilidad por partida doble.[23]

La nueva contabilidad, tan atractiva para los propietarios de empresas lejanas, mejoraba la seguridad para evitar los desfalcos, al tiempo que proporcionaba una mejor información sobre el estado de los negocios. «Exige un mayor cuidado y precisión a los empleados contables», explican dos historiadores del comercio,



Una página del Libro che tracta di marcantie et usanze di paesi (Libro sobre el mercado y las costumbres de diversos lugares), *de Giorgio di Lorenzo Chiarini* (1481), *una guía para convertir monedas, pesos y medidas de distintos países. Su texto completo se incluyó en la* Summa de arithmetica *de Luca Pacioli. (Bibliotecas de la Temple University, Centro de Investigación de Colecciones Especiales, a través del Consorcio de Bibliotecas de Colecciones Especiales del Área de Filadelfia, e Internet Archive)*

> permitía un control aritmético a partir de balances periódicos y también la división del trabajo entre diferentes empleados de diferentes cualificaciones. Proporcionaba datos de balances, separaba el capital de la contabilidad de ingresos, e introducía utilísimos conceptos

como el devengo y la depreciación. Sobre todo, otorgaba a los propietarios de la empresa un sistema de control muy mejorado.[24]

La contabilidad por partida doble hacía uso del cálculo de lápiz y papel con números indoarábigos, lo que catapultó la demanda de comerciantes y contables que conocieran las nuevas matemáticas. También los artesanos reconocieron su utilidad para resolver los problemas cotidianos.

De ahí la expansión de los *botteghe d'abaco,* que se inició en Florencia a principios del siglo XIV. Señalan «la primera aparición en Occidente de escuelas dedicadas en exclusividad al estudio de las matemáticas —escribe el historiador de las matemáticas Warren Van Egmond— y sin duda fueron las primeras que enseñaron matemáticas a un nivel tanto práctico como elemental».

Era habitual que los futuros comerciantes y artesanos pasaran de las aulas de los abacistas a ocupar puestos de aprendices y también laborales. Pero contar con una base en matemáticas comerciales era también algo común para aquellos que, como Maquiavelo, estaban destinados a una educación más elevada y a una carrera como estadistas y hombres de letras. En una sociedad basada en el comercio, el cálculo no podía estar excluido de la formación cultural.

Además de instruir a generaciones de niños sobre cómo convertir 45 kilos de lana en *braccia* de tela o cómo repartir los beneficios de una operación de negocios si los inversores no aportaban lo mismo, los abacistas inventaron las técnicas de multiplicación y división que todavía hoy usamos. Hicieron pequeños pero importantes adelantos en álgebra, un tema que en las universidades se despreciaba por considerarlo demasiado mercantil, y concibieron soluciones para problemas prácticos ordinarios. Por otro lado, también trabajaban como consultores, la mayoría de las veces para proyectos de construcción. Fueron los primeros europeos que vivieron de las matemáticas de forma exclusiva.

En el influyente estudio que hizo en 1976 de unos doscientos manuscritos y libros sobre ábacos, Van Egmond subraya su carácter práctico: un significativo distanciamiento del punto de vista clásico de las matemáticas heredado de los griegos, que las entendían como el

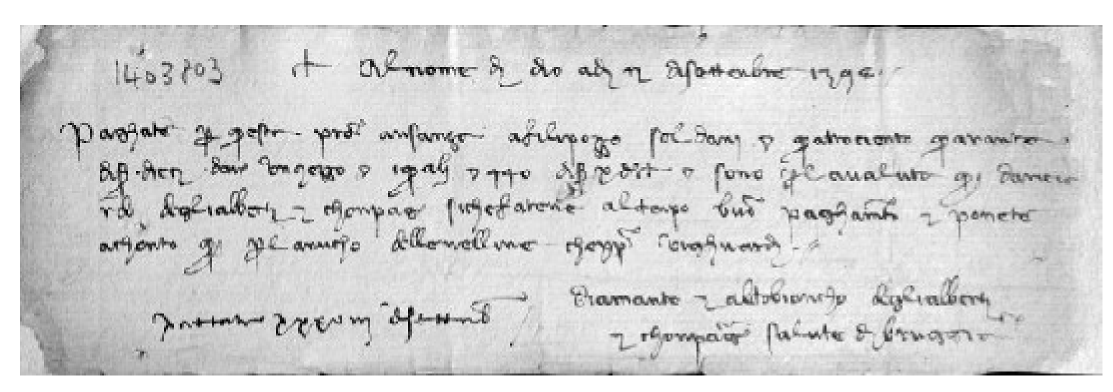
estudio de la lógica abstracta y de las formas ideales. Los libros sobre ábacos entendían las matemáticas como algo útil. «Cuando se estudia aritmética en ellos —escribe Van Egmond— es para aprender a calcular precios, intereses y beneficios; cuando se estudia geometría, es para aprender a medir edificios y a calcular áreas y distancias; cuando se estudia astronomía, es para aprender a hacer un calendario o a determinar los periodos vacacionales». Muchos de los problemas relacionados con los precios, observa Van Egmond, conciernen a los tejidos.[25]

Si se comparan con la geometría escolástica, los manuscritos sobre ábacos, con sus problemas mercantiles de telas y pimientas, no pueden ser más realistas. Aun así, no se desentienden de la abstracción. Más bien, al aplicar la ciencia de patrones a las preocupaciones cotidianas de los negocios, trasladan las expresiones abstractas al mundo material. La transición de fichas físicas a números escritos supone, de hecho, un desplazamiento hacia la abstracción. Los símbolos escritos en una página representan bolsas de plata o rollos de tela, así como las relaciones que hay entre ambos. Los estudiantes aprenden a formular preguntas. ¿Cómo he de hacer para expresar un problema práctico en números e incógnitas? ¿Cómo puedo mejorar la identificación de las tendencias del mundo —el flujo de entrada y salida del dinero en un negocio, los valores relativos de tela, fibra y tinte, las ventajas e inconvenientes del trueque sobre el dinero— al convertirlas en matemáticas? Las matemáticas, como enseñaban los abacistas a sus alumnos, pueden modelar el mundo real. Su existencia no tiene lugar en un universo aparte. Constituyen un conocimiento útil.

Thomas Salmon tenía un problema. Como recaudador de impuestos de Somerset, Salmon había amasado miles de kilos de oro y plata que necesitaba sacar de Londres. Pero en la Inglaterra de 1657 no había cuentas corrientes, transferencias bancarias ni coches blindados. Viajar con tanto dinero en especie era difícil y peligroso. ¿Qué podía hacer?

Salmon llevó las monedas a las tiendas de tela local, los llamados *pañeros.* A cambio se le entregaron unos papelitos que recibían el

nombre de *letras de cambio.* Aquellas letras tenían la misma función que los cheques, pero, en lugar de recurrir al concurso de un banco, daban la orden a un hombre de negocios de Londres llamado Richard Burt de que le entregara a Salmon dinero líquido. Burt era un *factor,* o *agente intermediario*: compraba tejidos de lana a distintos productores y los vendía a los comerciantes de Londres, llevándose una comisión por la venta.[26]



Letra de cambio, expedida por Diamante y Altobianco degli Alberti a Marco Datini y Luca del Sera el 2 de septiembre de 1398. (akg-images/Rabatti & Domingo)

Al vender sus mercancías, Burt anotaba el saldo de los pañeros en sus libros, y estos restaban de sus cuentas las letras de cambio. Un pañero de Somerset podía comprar suministros en un comercio local y pagar con una letra de cambio. El comerciante cambiaba la letra por dinero en algún viaje a Londres o, con mayor probabilidad, la usaba para pagar a aquellos de sus proveedores que tuvieran negocios en esa ciudad. Aceptar monedas del recaudador de impuestos era otra manera de que los pañeros canjeasen su saldo por dinero. Salmon llevaba las letras de cambio a Londres, las cambiaba por monedas en el despacho de Burt y depositaba el dinero en el tesoro. Una institución que se creó para servir a la industria textil se había convertido en un engranaje fundamental en las finanzas de la Corona británica.[27]

Creadas por los comerciantes italianos de textiles en el siglo XIII, las letras de cambio han sido calificadas como «la innovación financiera más importante de la Alta Edad Media».[28] Su objetivo inicial era dotar a los comerciantes con un medio para que transfiriesen lo recaudado desde la feria de la Champaña (y, más tarde, de otros mercados) hasta

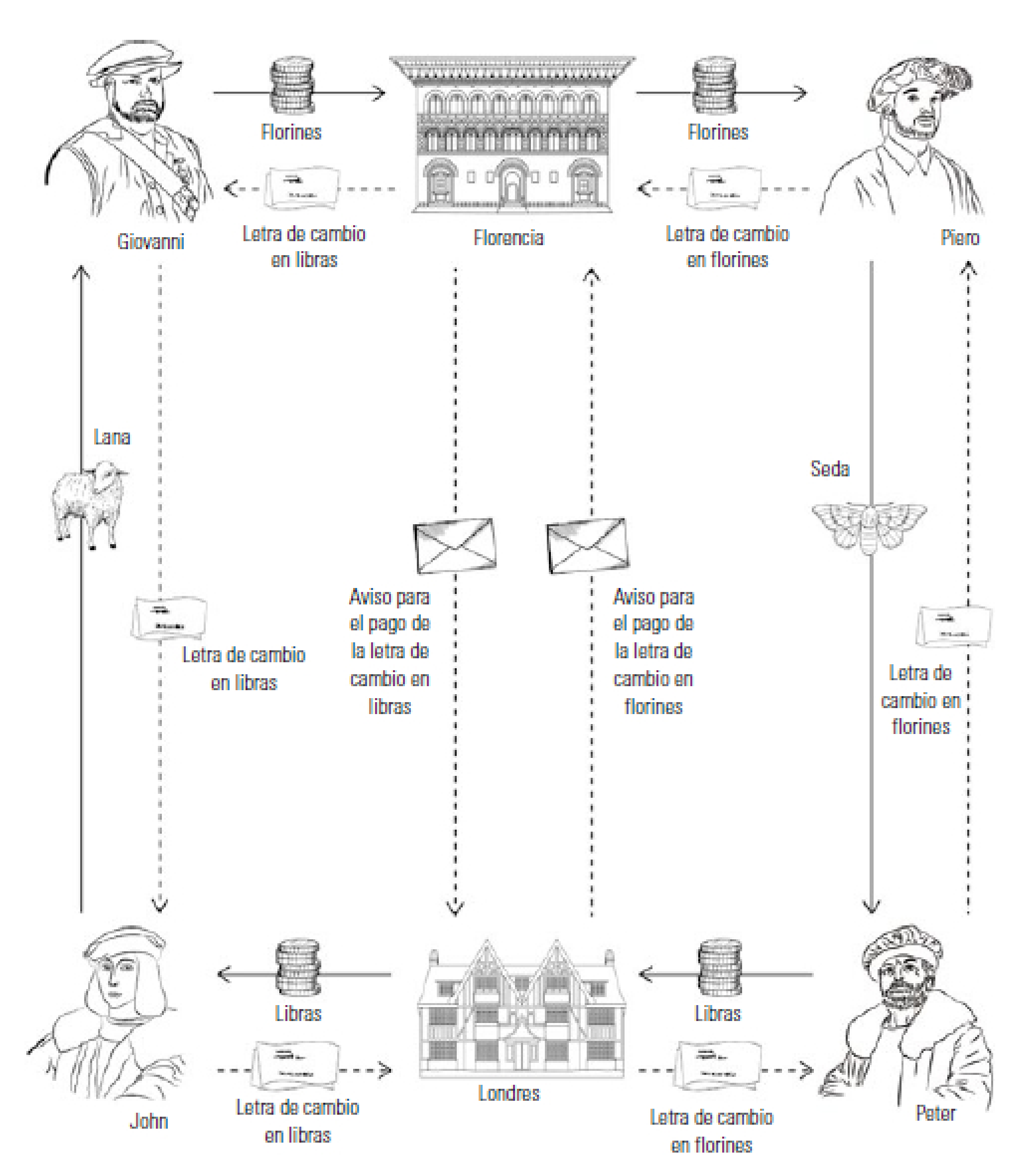
las oficinas centrales. Estos papelitos, escritos en una suerte de taquigrafía, eran básicamente una carta tipo que explicaba a un agente de otra ciudad, por lo general, un banco, que debía pagar a alguien una cierta suma; cuando un comerciante expedía una letra de cambio, su banco local enviaba un aviso a su filial en el extranjero para solicitar que se liquidase la letra en cuanto fuera presentada. Las letras de cambio no eran documentos oficiales, aprobados por el Estado y diseñados de antemano, sino, más bien, tecnologías sociales que evolucionaban por ensayo y error. Su utilidad dependía de las relaciones establecidas y de la confianza.

Las letras de cambio se fueron volviendo cada vez más flexibles a medida que los comerciantes creaban redes de oficinas en multitud de lugares. A principios del siglo XIV ya podían canjearse en la mayoría de las ciudades de Europa occidental. Bien fuera para comprar lana o para pagar ejércitos, las monedas ya no necesitaban transportarse por tierra o por mar. «Las letras de cambi —escribe la historiadora Francesca Trivellato— eran el circulante invisible de la "república internacional del dinero" en los albores de la Edad Moderna de Europa».[29]

Aunque las letras fueron en su origen un medio para facilitar el transporte de los fondos y la conversión de divisa extranjera, no tardaron en desarrollarse también otros usos de las mismas. Para empezar, respondían a la escasez de valor circulante permitiendo muchas más transacciones con la misma cantidad de moneda. Hablando en términos de economía moderna, aumentaban la *velocidad del dinero*, no su suministro. «La cantidad neta de plata transportada desde Brujas a Londres, o desde París a Florencia, o de oro desde Sevilla a Génova no disminuyó a resultas del desarrollo de las letras de cambio —escribe un historiador—, pero el número de negocios se vio aumentado a niveles desproporcionados».[30]

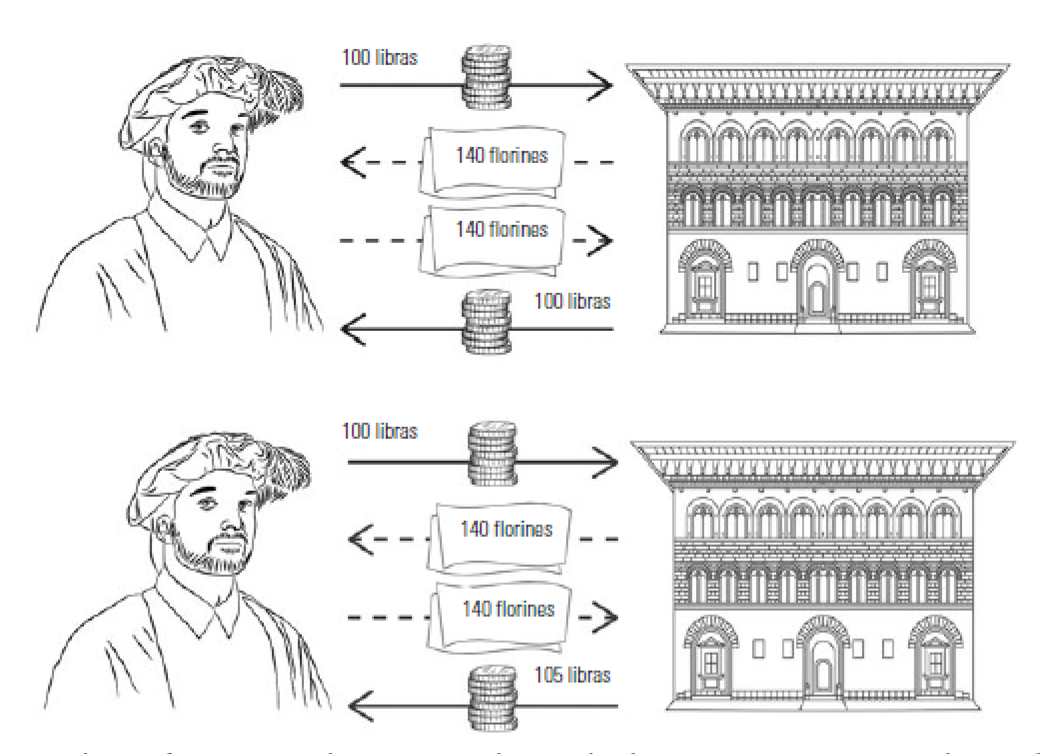
Para entender el porqué, pensemos en dos hipotéticos hombres de negocios ingleses. El primero (John) exporta lana cruda, y la vende a un comerciante florentino (Giovanni) por una letra de cambio canjeable en Londres. El segundo (Peter) importa tejidos de seda, que compra (a Piero) con una letra de cambio canjeable en Florencia. En los libros de cuentas de los bancos, las dos letras pueden ser deducidas la una de la

otra, y solo la diferencia cambiaría de verdad de manos como moneda. Una pequeña cantidad de monedas puede, pues, permitir muchos más intercambios. «Un sistema semejante podía ser increíblemente eficiente —escribe el economista Meir Kohn—. Por ejemplo, entre 1456 y 1459 un banco de Génova recibió pagos procedentes del extranjero por valor de 160.000 liras en letras de cambio, y solo el 7,5% de esa cantidad se saldó en dinero líquido. El 92,5% restante se saldó en el banco».[31]



El pago compensatorio por medio de las letras de cambio permitía muchas más transacciones a partir de unas cantidades limitadas de moneda. El flujo del dinero se inicia con la venta de lana de John (abajo a la izquierda) y la venta de seda de Piero (arriba a la derecha). (Joanna Andreasson)

Las letras de cambio también proporcionaban saldo. En su forma más simple, daban a quienes las utilizaban un breve respiro. La liquidación de una letra no era inmediata, salvo tras un cierto periodo, o *vencimiento,* a partir de su fecha de expedición. El vencimiento era algo más largo de lo que se tardaba en viajar entre las dos ciudades, lo que aseguraba que el aviso para liquidar la letra llegase al pagador. Para una letra de cambio expedida en Florencia, un manual de 1442 indicaba que su vencimiento en Nápoles sería de veinte días; en Brujas, Barcelona o París, de dos meses; y en Londres, de tres meses. Para los mismos destinos, los tiempos de correo estimados eran de once o doce días; de veinte o veinticinco días, y de entre veinticinco y treinta días, respectivamente. El colchón suponía un periodo de cortesía añadido a los préstamos a corto plazo.[32]



Dos formas de cambio seco: en la primera, el periodo de gracia (vencimiento) de una letra de cambio se usa para crear un préstamo sin intereses. En el segundo, los tipos de cambio se modifican para cobrar intereses implícitos. (Joanna Andreasson)

Con el tiempo, los comerciantes concibieron distintas maneras de convertir las letras de cambio en préstamos propiamente dichos. En una práctica común pero denostada a menudo, conocida como *cambio*

seco, la primera letra de cambio no se pagaba en dinero líquido (o en una cuenta de compensación), sino con una nueva letra de cambio que se limitaba a revocar la original. Este cambio de papeles creaba un préstamo libre de intereses que duraba el doble que la fecha de vencimiento. En el siglo XV, los comerciantes venecianos convirtieron Londres en un centro para el intercambio de letras, lo que les permitía conseguir préstamos a seis meses. Los prestamistas podían alargar los términos solo con hacer repetidas veces intercambios de ida y vuelta.

Con una ligera variación, el cambio seco podía eludir los vetos a los intereses de cargo. El truco consistía en alterar la tasa de cambio en la letra de retorno. Si, por ejemplo, un comerciante de Burdeos cambiaba 100 libras francesas por una letra original canjeable por 140 florines en Ámsterdam, la letra de retorno podía devolver los 140 florines con 105 libras francesas en Burdeos. Aun así, no todos los cambios secos involucraban tales artimañas. Algunas transacciones eran directamente préstamos. Lo cierto es que, observa Kohn, «mientras que las restricciones a la usura se vieron debilitadas o se eliminaron en el siglo XVI, la popularidad de la letra de cambio [como instrumento de crédito] seguía sin verse mermada».[33]

Operar con letras de cambio llevó a muchos empresarios de los textiles a meterse, ya fuera de manera oficial o extraoficial, en el mundo de la banca. Francesco Datini, cuyos archivos contienen más de 5.000 letras de cambio, estaba sobre todo en el negocio de la lana, pero en el año 1399 abrió un banco en Florencia. Sus servicios eran muy muy novedosos. Además de expedir y aceptar letras de cambio, el banco ofrecía «avales (*avalli*), contratos de fianza (*fideiussioni*) y cuentas de corresponsal en una sola moneda o más de una —escribe el biógrafo de Datini—. Para pagos a terceras partes, los cheques, que justo entonces empezaban a utilizarse, se aceptaban sin problema».

Al contrario que los famosos bancos Médici o Alberti de la ciudad, la empresa de Datini prestaba solo a particulares, evitando a la Iglesia y al Estado. Si bien prosperó, el banco duró apenas tres años, y sucumbió cuando la peste negra mató al socio que dirigía diariamente el negocio. Como homenaje a su iniciativa financiera, la estatua que se erigió a

Datini en el siglo XIX, en la plaza principal de Prato, le muestra con unas letras de cambio en las manos.[34]

Las operaciones bancarias más importantes originadas en los textiles fueron las de los Fugger de Augsburgo, capital de la lana y el lino, en lo que hoy es el sur de Alemania. A su muerte, en 1408, Hans Fugger, que llegó a la ciudad en 1367, procedente de un pequeño pueblo, había llegado a emplear cincuenta telares. Su hijo Jakob, maestro tejedor, se introdujo también en el negocio de los textiles y las especias y comenzó a expedir letras de cambio. Envió a su hijo, también llamado Jakob, a Venecia, y este aprendió allí las últimas tendencias en prácticas de negocio, como, por ejemplo, la contabilidad por partida doble.

Junto a sus hermanos, Jakob II extendió las operaciones bancarias de la familia por toda Europa, a menudo aceptando minas y los derechos de explotación de estas como seguro, y apropiándose de ellas cuando los príncipes europeos no podían pagar. Lo recaudado con los textiles proporcionó el dinero que permitiría empezar a desarrollar las enormemente lucrativas operaciones de extracción de plata, mercurio, cobre y estaño. Los Fugger se valieron de sus préstamos al papado para granjearse una considerable influencia política. Disfrutaban del monopolio de las transferencias a Roma del dinero recaudado por la venta de bulas de la Iglesia católica en Alemania y Escandinavia. Al sacar el máximo provecho tanto de las actividades desarrolladas en la industria textil como del dinero obtenido con el comercio textil, Jakob Fugger el Rico, como se le conocía, amasó la mayor fortuna de su época.[35]



Jakob Fugger (1459-1525), conocido como Jakob Fugger el Rico, convirtió el negocio textil de su familia en un imperio bancario. Grabado realizado con punta de plata a partir de un dibujo de Hans Holbein el Viejo. (iStockphoto)

A una escala más modesta, durante la expansión comercial británica de los siglos XVII y XVIII los comerciantes textiles que operaban con letras de cambio hacían las veces de banqueros del país. Tomemos el ejemplo de Thomas Marsden, que producía fustán, una tela de uso corriente realizada con urdimbre de lino y trama de algodón. Si bien su base de operaciones era el Bolton de finales del siglo XVII, cerca de Manchester, Marsden también disponía de una oficina en Londres. Allí el negocio consistía en comprar y vender telas y materias primas, pero sus principales funciones eran financieras.

Para entonces, las letras de cambio habían pasado a ser negociables. Uno podía transferir una letra expedida a su nombre simplemente firmando el reverso. La firma conllevaba la obligación legal de cubrir la deuda subyacente si la letra no podía canjearse. Desde que las letras de cambio pudieron negociarse también se volvieron más líquidas. Si necesitabas dinero, podías vender tus letras con un descuento respecto

a su valor facial, de la misma exacta manera en que los bonos cambian de manos hoy día. O podías expedir una nueva letra de cambio y venderla con un descuento a un corredor de divisas para desempeñarla después. Al menos en teoría, no había límite para el número de veces en que se podía endosar una letra, pasándola de un propietario a otro.

«El producto de este proceso evolutivo —el descuento en letras de cambio negociables— fue una invención financiera de gran importancia económica», escribe Kohn. «Ciertamente, en los siglos XVII y XVIII iba a convertirse en los cimientos de la banca comercial moderna».[36]

En la oficina de Marsden en Londres había «grandes y considerables sumas de dinero» con las que liquidaba sus letras de cambio y hacía préstamos comprando con un descuento las letras de otros comerciantes. (Por un préstamo de un mes, Marsden acostumbraba a cargar 5 chelines cada 100 libras, o una tasa de interés anual de cerca del 3 por ciento). También ejercía de «recaudador de rentas», y transfería los pagos de impuestos a la capital. A veces cambiaba dinero en metálico por letras con descuento reembolsables en Londres, a la manera de Thomas Salmon. Otras veces transportaba monedas a la capital ocultas en sus fardos de fustán. La gente confiaba en su buena reputación.[37]

«Cuando entre comprador y vendedor mediaba una gran distancia, o ambos no se conocían bien, tenía sus ventajas hacer uso de los servicios de hombres como Marsden —escribe un historiador económico—, pues una letra expedida por una firma londinense de buena fama servía en casi cualquier parte del país. No es fácil decir en qué momento un intermediario particular había dejado de ser un comerciante para pasar a convertirse en banquero. Baste decir que Lancashire tenía sedes bancarias mucho antes de que contara con banqueros especializados».[38]

La posibilidad de negociar hacía que las letras fueran cada vez más útiles en el comercio cotidiano, lejos de los mercados financieros especializados. Aunque nadie estaba en la obligación de aceptarlas como pago —pues las letras de cambio no eran moneda de curso legal —, si la gente confiaba en los firmantes, valían casi lo mismo que el dinero. «En su condición de cosas materiales carecían de valor

intrínseco —señala Trivellato—. Su valor monetario radicaba en la credibilidad asignada a la cadena de firmantes que las respaldaban, más que a alguna autoridad soberana».[39]

A veces fallaba esa confianza.

En 1788, la mayor estampadora de calicó de Lancashire, Livesey, Hargreaves and Co., se declaró en bancarrota, al no poder afrontar una deuda de un millón y medio de libras. Su colapso sacudió toda la región, y el impacto económico trascendió los efectos inmediatos del desempleo. La empresa estampadora textil había pagado de manera metódica con sus letras de cambio, que circulaban como moneda líquida por la región. Tejedores, granjeros, tenderos —gente de todas las profesiones— dependían de aquel papel ahora carente de valor. Muchos se arruinaron. Un banco de Manchester quebró, mientras que otro sufrió pérdidas. La caída de la compañía «convulsionó el país entero por un tiempo», informaba una crónica del siglo XIX.[40]

Con todo, y pese a sus riesgos, las letras de cambio se siguieron utilizando, y solo desaparecieron del comercio cotidiano cuando se vieron desplazadas por el dinero líquido procedente de los bancos centrales. Mucho tiempo después, en 1826, el testimonio de un banquero de Manchester, que declaró ante una comisión parlamentaria haber visto letras de cambio por valor de 10 libras circulando con cien firmas o más, demostraba que seguían siendo populares. «He visto papelitos pegados a una letra tanto como puede extenderse el largo de un papel —dijo—, y cuando ese estaba lleno le pegaban otro».[41]

El comité también escuchó el testimonio del representante de un banco escocés cuyo peculiar nombre era Compañía Británica del Lino. Se trataba de una fábrica de telas fundada en 1747, pero había entrado en el negocio bancario solo un par de décadas más tarde, aprovechando sus muchas sucursales locales.

Además de la insaciable necesidad de capital circulante del negocio, las letras de cambio sirven para explicar por qué tantos individuos que comenzaron como comerciantes textiles acabaron siendo banqueros.[42]

En noviembre de 1738, el pañero Henry Coulthurst informó a sus

tejedores de que se disponía a recortar sus tarifas, un fijo por el total del trabajo desempeñado, y de que a partir de ese instante les pagaría en bienes y no en dinero. Huelga decir que aquello provocó la irritación de sus empleados. Los precios de los productos alimenticios no dejaban de subir, y los bajos sueldos conllevarían penurias y hambruna.

En diciembre, durante tres días, los tejedores se amotinaron. Destruyeron el molino de Coulthurst, allanaron su casa y «bebieron, se llevaron o derramaron toda la cerveza, ron, vino y coñac de la bodega». Al día siguiente regresaron para demoler el domicilio de Coulthurst, reduciéndolo a escombros, y después atacaron las casitas alquiladas de su propiedad. El último día, viernes, desfilaron de modo triunfal por la ciudad de Melksham, en el condado de Wiltshire, al sudoeste de Inglaterra. Las tropas del Ejército llegaron el sábado por la noche, lo que evitó nuevos actos de violencia. Trece hombres fueron detenidos; a uno de ellos lo absolvieron y a tres los acabaron ahorcando.[43]

Tal y como ha sucedido en algunos disturbios de similar naturaleza que han tenido lugar en nuestros días, aquellas olvidadas algaradas, ocurridas mucho antes de la mecanización, suscitaron acalorados debates públicos y profundos exámenes de conciencia. ¿A quién había que achacar la responsabilidad de aquella ruptura del orden público? ¿A los pañeros sin escrúpulos o a los irracionales trabajadores? ¿Estaba justificada la violencia o, al menos, resultaba comprensible?

Corrían tiempos difíciles en el negocio de las lanas.[44] Los clientes autóctonos se inclinaban por telas más ligeras, y la competitividad desde el extranjero se intensificaba. Todo el mundo, sugería un observador, tenía razones para sentirse agraviado.

> Es un agravio para alguien querer pan, y oír los agudos gritos de los niños hambrientos. Es un agravio para otro que no se le pague un salario justo. Es un agravio para otro verse obligado a dar más para cubrir las necesidades de la vida de lo que estas valen, o su precio de mercado; y es un agravio para otro ver su casa, sus edificios, o los espacios necesarios para el negocio, destruidos por una turba amotinada.[45]

A muchos les costaba culpar a cualquiera de las partes. Por suerte, existía una alternativa: culpar al intermediario.

En este caso, los supuestos villanos eran los agentes que representaban en Londres a los pañeros. «Los sufrimientos de los pobres empleados en la tarea de trabajar la lana española no se deben a la falta de misericordia de los pañeros —aseguraba un observador que escribía bajo el nombre de Trowbridge—, sino a la tiranía de los agentes de Blackwell-Hall, quienes, siendo al principio los siervos de los fabricantes, ahora se han convertido en sus amos, y no solo suyos, sino también de los comerciantes de lana y aun de paños». Al contrario que los tejedores y los pañeros, que se dejaban la piel, los agentes, proseguía Trowbridge, «se enriquecían sin riesgo alguno y sin apenas trastorno». Eran «inútiles zánganos en la colmena humana».[46]

Vemos aquí el lado oscuro de las tecnologías sociales. Intangibles, rutinarias, carecen de indicaciones físicas de valor, y a menudo se las desecha por insignificantes o se las condena por malignas.

Un pañero era ya de por sí un intermediario. Coordinaba la producción de telas mediante un sistema *putting-out*[1*] que proporcionaba comercialización y capital circulante. Compraba lana, que remitía a otros contratistas para que la limpiasen, la cardasen y la hilasen. Después llevaba el hilo a los tejedores y especificaba lo que deseaba que hiciesen. Lo mismo valía para el teñido y el acabado. El pañero se encargaba del coste de los materiales y pagaba a los trabajadores por cada etapa de su tarea.

Cuando la tela estaba lista, el pañero la llevaba a Blackwell Hall, en Londres, que era el único lugar de la ciudad donde a los que no eran de Londres se les permitía vender sus tejidos. El mercado de Blackwell Hall abría los jueves, viernes y sábados, de modo que los pañeros tenían la primera mitad de la semana para acudir a la ciudad. Si un pañero no vendía el total de su mercancía antes de regresar a casa, podía almacenarla o pedir a otro pañero que la vendiese por él.

En otras palabras, al igual que la feria de la Champaña, Blackwell Hall había sido concebido como un destino comercial al que la gente viajaba para vender sus telas durante unas fechas específicas. Evolucionó también en algo más conveniente. En lugar de ir y volver, un pañero podía contratar a un agente de Londres para vender sus tejidos a comisión. En los primeros tiempos, los agentes procedían de muchos lugares distintos. Se decía que uno podía elegir «un agente de

casi cualquier profesión; podía ser un aceitero, un pañero, un estanquero, etc.». A finales del siglo XVII, alrededor de tres docenas de agentes controlaban los negocios en Blackwell Hall, y cada uno de ellos representaba a numerosos pañeros. En 1678 la ley reconoció de forma oficial su función.[47]

Un agente mantenía un inventario de las telas de sus clientes, y guardaba unos cuantos cientos de piezas en el almacén a la vez. Cuando un vendedor de tejidos al por mayor, conocido como «pañero», o un exportador mostraba interés en un tipo concreto de textil, el agente enviaba algunas muestras. El comprador podía adquirir la tela que había en inventario o hacer un pedido. Comprar la tela existente era más rápido, desde luego, y el comerciante sabía con exactitud lo que estaba adquiriendo. A causa de las diferencias de teñido o hilado en los lotes, incluso una copia que pareciera exacta podía no resultar idéntica. Pero la producción por encargo, a menudo realizada con prisas, era, sin embargo, frecuente.

Para reducir las posibilidades de que el inventario quedase sin vender, los agentes rastreaban de forma metódica las tendencias de mercado. «Era en las conversaciones de despacho, en Blackwell Hall y en las cafeterías, y por la observación directa de las tendencias de la moda», escribe el historiador Conrad Gill, que examinó la correspondencia entre una firma de Londres y sus clientes de las regiones del sudoeste,

> como los agentes solían reunir información de hacia dónde podía ir la demanda, y pasaban sus previsiones a los pañeros. Por poner un ejemplo, a los fabricantes de cachemira [un tipo de sarga utilizado para hacer trajes] se les informó en 1795 de que había una demanda de prendas blancas, pero no del color natural de la lana, sino de un blanco artificial y cuidadosamente tratado... La firma que dio el aviso para confeccionar cachemiras blancas fue a su vez informada de que podían venderse prendas de otra variedad de colores: beis amarillo limón, algunos colores sólidos en tonos apagados, unos cuantos escarlatas, y unos días después se mencionaba la lana superior azul oscuro [el tipo de lana de mayor calidad].

Los agentes enviaban a menudo a sus clientes detalladas propuestas para la elaboración de motivos que, esperaban, se vendiesen bien.

Además de proporcionar una representación a distancia e informaciones de mercado, los agentes también hacían un control de

calidad, al tratar los problemas de mala factura y ostensible fraude que a menudo asediaban a los mercados textiles. Para ahorrar hilo, los tejedores podían reducir las dimensiones de la tela o utilizar una mayor densidad de trama al comienzo de un rollo, donde era fácilmente visible, mientras se iba escatimando al avanzar el rollo.[48] O podían tratar de ocultar un hilo mal torsionado con un agresivo abatanado, proceso durante el cual se encoge el tejido de lana para que las fibras se compriman. Hasta 1699, un inspector del Gobierno, conocido como *aulnager,* certificaba el tamaño y la calidad de las prendas de lana, pero las inspecciones tendían a ser superficiales y se centraban básicamente en las dimensiones de la tela. La principal función del *aulnager* parecía ser la de recaudar impuestos por cada pieza de tela.

Con su reputación en juego, escribe Gill, «los agentes hacían más de lo que los *aulnagers* habían hecho nunca, pues trabajaban sin descanso para asegurarse de que las piezas que pasaban por sus almacenes no solo tuvieran las dimensiones correctas, sino que también estuvieran, en lo posible, libres de defectos de cualquier clase». Un pañero podía crearse por sí solo una buena reputación gracias a la factura de sus telas, y en muchos casos era así. Pero los agentes amplificaban el efecto. Aparte de juntar suministros procedentes de muchas fuentes, trataban repetidas veces con los mismos clientes. Era menos probable que se vieran tentados por la ganancia a corto plazo que suponía vender productos de inferior calidad a compradores a los que no volverían a ver. El trato de confianza tenía sus recompensas.

No obstante, mantener los estándares a veces significaba desechar material en el que los pañeros habían invertido tiempo y dinero, a la espera de una devolución. La tela podía ser rechazada por tener un color desigual, o pequeños agujeros; podía ser demasiado fina, demasiado basta, demasiado sucia, o simplemente «muy mala». Si el pañero gozaba en general de confianza, el agente ofrecería una crítica constructiva. Cuando trataban con productos que acostumbraban a ser de mala calidad, sin embargo, los agentes podían llegar a ser dolorosamente sinceros. Francis Hanson, uno de los socios cuya correspondencia reseñó Gill, le dijo a un pañero que se olvidase de

intentar vender su «infame» mercancía en Londres y se limitase a las zonas rurales, donde el listón estaba más bajo.

Para satisfacer las exigencias de calidad de los agentes, los pañeros, a su vez, tenían que imponer estándares férreos a sus contratistas. ¿Un pañero estaba oprimiendo y defraudando a un tejedor, a un tintorero o a una hilandera, si se negaba a pagar por un material que le parecía defectuoso? Para los trabajadores que vivían a salto de mata, parecía que sí.

Con el tiempo, los agentes adoptaron nuevos roles. Comenzaron a adquirir lana y a venderla a los pañeros. Compraban tela en representación de comerciantes extranjeros que tenían prohibida la entrada en Blackwell Hall. Cuando la demanda era alta, ellos mismos hacían las veces de pañeros, para irritación de sus clientes. Y proporcionaban crédito. Prestaban dinero a los comerciantes que compraban tela y a los pañeros que compraban lana. Adelantaban sumas a los pañeros pensando en las ventas que producirían sus géneros.[49]

Todas estas funciones hacían que el mercado de las telas funcionase con mayor soltura. Pero a los pañeros les desagradaba tener que depender de los intermediarios. «A muchos les he oído decir que, si una legislación los librase de este insoportable yugo —afirmaba Trowbridge—, de buena gana aumentarían los salarios, y bajarían el precio de sus productos».[50]

Aquellos pañeros descontentos consideraban que los agentes estaban ajustándose a unos precios bajos en exceso, rechazando tejidos sin ningún motivo y haciendo dinero sin esfuerzo. El pago de los préstamos les hacía pasar estrecheces, y les contrariaba que los agentes comprasen lana para venderla con un margen de beneficios. Habían olvidado los servicios que, en un primer momento, los habían llevado a confiarse a los agentes: la comodidad, el capital circulante, la información de los mercados, el control de calidad y las relaciones clientelares. En especial en las malas épocas, era fácil percibir el coste que suponía el trabajo de los intermediarios, reflejado en comisiones e intereses, pero no en sus beneficios.

Estamos en el sur prebélico, a solo unos años de la guerra civil estadounidense. Prendado de una joven llamada Babette Newgass, Mayer Lehman visita al padre de esta para pedirle la mano de la chica. Mayer es el menor de tres hermanos judíos que habían emigrado desde Baviera y habían abierto una tienda en Montgomery, Alabama. El acaudalado Mr. Newgass parece escéptico acerca de los proyectos de futuro de aquel que espera ser su yerno.

MR. NEWGASS:	Viendo cómo se presenta usted, joven, quisiera saber qué es exactamente lo que ustedes los Lehman hacen en su tienda.
MAYER:	Solíamos vender tejidos, Mr. Newgass, pero ya no lo hacemos.
MR. NEWGASS:	Si ya no venden tejidos, ¿qué necesidad tienen de una tienda?
MAYER:	Oh, seguimos vendiendo, Mr. Newgass.
MR. NEWGASS:	¿Y qué venden? MAYER: Vendemos algodón, Mr. Newgass.
MR. NEWGASS:	¿El algodón no es un tejido?
MAYER:	Cuando lo vendemos no, Mr. Newgass. Cuando lo vendemos es crudo.
MR. NEWGASS:	¿Quién lo compra?
MAYER:	Gente que lo convierte en tejido, Mr. Newgass. Nosotros estamos en el medio, justo en el medio.
MR. NEWGASS:	¿Qué clase de trabajo es ese?
MAYER:	Algo que todavía no existe. Algo que hemos inventado nosotros.
MR. NEWGASS:	¿Y qué es? MAYER: Somos... intermediarios.[51]

Los personajes existieron en la realidad. La escena es imaginaria. Aparece en *The Lehman trilogy* («La trilogía de los Lehman»), una obra épica, de cinco horas, escrita por el dramaturgo italiano Stefano Massini, condensada a unas meras tres horas en su versión en inglés. Los neoyorquinos que en abril de 2019 atestaron el Park Avenue

Armory, que había colgado el cartel de «no hay billetes», asistieron a un curioso recordatorio de los orígenes textiles de los Lehman Brothers, el legendario banco de inversiones cuyo colapso en 2008 llegaría a simbolizar las promesas incumplidas de Wall Street.

Aunque se base en la historia, *The Lehman trilogy* es también ficción, de la misma manera en que *Enrique V* y *Julio César*, de Shakespeare, son ficción e historia al mismo tiempo. Cuando una amiga de Nueva York que asistió al estreno me contó que los Lehman habían inventado la figura del intermediario, pensé que debía de haber escuchado mal.

Después de todo, Pūsu-kēn y demás mercaderes eran intermediarios 3.900 años antes de que un Lehman zarpase en barco desde Baviera. Y tampoco es que aquellos hermanos fueran algo único en el sur prebélico. Al igual que había sucedido con los negocios de la lana, la seda y el lino, el comercio del algodón en el siglo XIX se confiaba a los intermediarios: primero se les conoció como agentes, y luego, en un reflejo de los cambios organizativos causados por el ferrocarril y el telégrafo, como *brokers.* (Tras la guerra civil estadounidense, mis propios antepasados se metieron en el negocio, y hacían sus operaciones desde Atlanta y Nueva York). El papel del intermediario, que procedía del Viejo Mundo, era muy conocido. Desde luego no lo habían inventado los Lehman.

Los *brokers* proporcionaban a los cultivadores de algodón capital circulante, redes clientelares y el transporte de sus cosechas. Evaluaban la calidad del algodón y calculaban cuál iba a ser su precio. Antes de la guerra civil, también suministraban bienes. «Cualquier cosa que deseara un dueño de plantaciones, ya fueran unos libros para su biblioteca o unos zapatos para sus esclavos, unas botellas de coñac de importación o un barril de cerdo del oeste, solo tenía que pedírselo a su agente, que adquiría los productos y se los enviaba a la plantación», escribe un historiador.[52] Tras la guerra, los *brokers* del algodón se fueron sofisticando. En la década de 1870, establecieron oficinas en Nueva York y Nueva Orleans para seguir los precios y facilitar el movimiento comercial de futuros contratos como salvaguarda para evitar las fluctuaciones de aquellos.

Que Mayer se atribuyese la invención no deja de ser una licencia artística. En este diálogo, Massini reproduce la perplejidad y la zozobra que inspira el papel del intermediario. ¿A qué se dedica esta gente? ¿Qué es lo que aporta? ¿Qué clase de trabajo es ese?

Antes, el dramaturgo inventa una crisis —un fuego devastador que destruye la cosecha de algodón de Montgomery— para explicar cómo se convirtieron los tenderos en comerciantes de algodón. Recibir las semillas y herramientas necesarias para replantar suponía entregar a los Lehman como aval un tercio de la siguiente cosecha. Esto, en resumen, es lo que hacen los intermediarios. Construyen el puente económico que une el hoy y el mañana, y cobran un peaje.

El público de la obra ve a generaciones de Lehman invirtiendo en café y en cigarrillos, en ferrocarriles y líneas aéreas, en la radio y el cine, y, por último, en los ordenadores. «La historia de los hermanos Lehman —afirma Massini— no es solo la historia de una familia y de un banco. Es la historia de nuestro último siglo». Al algodón se le olvida muy rápido, más rápido en la obra de lo que sucedió en la vida real.



El tío de Edgar Degas fue un broker *del algodón de Nueva Orleans, en 1873, fecha en que el artista pintó* La oficina del algodón en Nueva Orleans, *la primera de sus obras que fue adquirida por un museo. (Wikimedia)*

Los Lehman contribuyeron a la fundación del New York Stock Exchange, la Bolsa de Valores de Nueva York, una tecnología social descrita de forma vehemente como «un templo de palabras». La bolsa de valores no trata con verdaderas mercancías, rezonga Mayer, sino solo con palabras: «No hay hierro, no hay tejido, no hay carbón, no hay nada». La bolsa desciende de la aritmética de Fibonacci, que enseñó a Occidente a guardar registro de sus negocios anotando símbolos en una página: mera tinta, sospechosamente intangible.

The Lehman trilogy no es un relato moral. Es ambiguo, y muestra tanto las oportunidades como los peligros que acompañan a la alquimia de las finanzas. Sus personajes no son ni ángeles ni diablos, sino seres humanos. «Hubo un momento en mi vida —recuerda Massini, al hablar sobre lo que inspiró su obra— en que descubrí que la gente de Italia, de Europa, y quizá también de los Estados Unidos

odiaba a los economistas, a los bancos y a las grandes finanzas. En aquel momento pensé que debía escribir una historia, pero no la de un terrible banco con hombres terribles, sino la increíble historia de la tan humana fundación de un banco. Creo que la historia de los Lehman es la historia, demasiado humana, de la fundación de un gran imperio».[53]

Un americano hubiera escrito un libro polémico sobre la avaricia y el desastre. Muchos críticos americanos interpretaron *The Lehman trilogy* bajo ese punto de vista —«un ajuste de cuentas en términos de parábola religiosa», la llamó uno—, cuando no la condenaron por suavizar los pecados del esclavismo.[54] Pero Massini procede de un lugar familiarizado con el auge y la caída de las grandes fortunas, las vidas ambiguas y el duradero legado de los banqueros mercantiles, las complejidades de la historia y la necesidad del crédito: es florentino.

Capítulo seis

CONSUMIDORES

Hoy día, las criadas visten gasa de vuelta,
y las cantantes te miran con arrogancia
envueltas en sus sedas brocadas
y en sus batas bordadas.

Tian Yiheng, *Liuqing rizha*, 1573

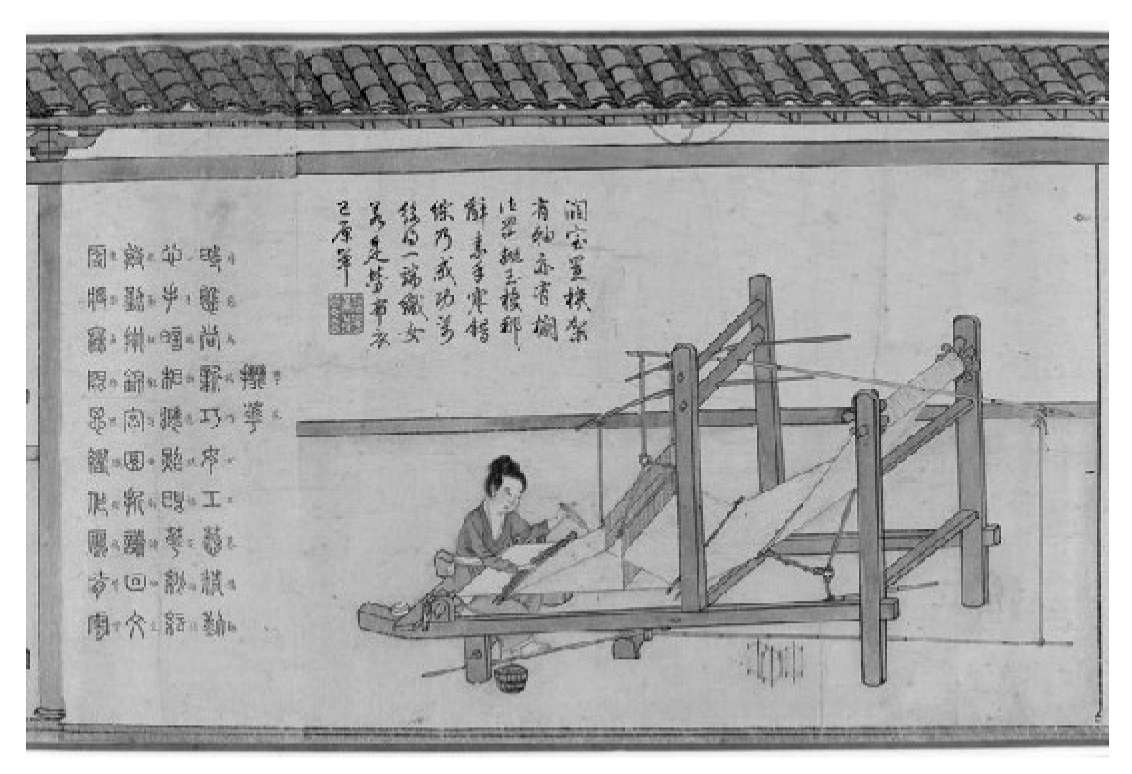
En un pergamino pintado hacia el año 1145, una tejedora china de seda se encuentra sentada ante un enorme telar de suelo: es el puro retrato de la atenta labor que supone colocar la trama en su lugar correspondiente. Con los labios fruncidos, aprieta un pedal con su pie desnudo. Su mano izquierda prepara la lanzadera para la siguiente pasada. Tres días de incansable trabajo demora en tejer un único rollo de seda, suficiente para vestir a dos mujeres con pantalones y blusas. Pero precisamente la tejedora no viste de seda.[1]

Acompañando al dibujo hay un poema dedicado a aquellos que sí lo hacen:

Trabajando con paciencia,
pasando la lanzadera una vez y otra vez más,
volviendo al inicio de través
y regresando [con la lanzadera] una vez más:
así es como se hace una calada.
Al enviar este poema a la pareja
vestida con sus sedas de Damasco,
pensarán, eso espero, en quien se viste
con grosera estameña.

En el pergamino, titulado «Dibujos de labranza y tejido», un magistrado local llamado Lou Shu inmortaliza con meticuloso detalle veinticuatro etapas diferentes de la sericicultura, cada una acompañada

de un poema que expresa las emociones y experiencias de la vida rural. En su día, el pergamino era una obra política y moral, que buscaba influir sobre los poderosos. «A los trabajadores agrarios se les retrata como individuos autosuficientes —escribe un historiador del arte—, y su bienestar se entiende como la justificación para que exista un gobierno». La obra de Lou animaba a los oficiales a respetar la humanidad y las capacidades de los granjeros y a usar sus impuestos con sabiduría.[2]



La mujer teje seda como tributo, pero viste una burda estameña. Procedente del pergamino Dibujos de labranza y tejido, *a la manera de Lou Shu y atribuido a Cheng Qi, que realizó sus obras entre mediados y finales del siglo* XIII. *(Galería de Arte Freer, Instituto Smithsonian, Washington D. C. Adquirido por donación de Charles Lang Freer, F1954.20)*

Era un digno propósito. Pero como reliquia histórica el pergamino perpetúa un punto de vista muy común. Los productores atraen nuestro interés y nuestra simpatía. Los consumidores se ven denigrados u olvidados. A pesar de ello, no son menos importantes que aquellos.

Sin el deseo del consumidor, la historia de los textiles quedaría incompleta o se volvería incomprensible. La labor de las hilanderas y

tejedoras, el ingenio de los cultivadores, mecánicos y químicos del tinte, y las arriesgadas iniciativas de los mercaderes no son fines en sí mismos. Existen solo para servir a los que usan telas. Entre esos consumidores están los gobernantes, que exigen su tributo, los ejércitos vestidos y equipados con textiles, los sacerdotes y los santuarios revestidos de donaciones, y, por supuesto, los clientes que compran telas en los mercados, tanto en los mercados legales como en los ilícitos.

El impulso de adquirir nuevos tejidos es una fuerza que posee un poder sorprendente. Ya sea por adquirir telas, por hacerlas uno mismo o por arrebatárselas a otros, los consumidores de textiles desafían las expectativas. Inician guerras y quebrantan leyes, derrocan jerarquías y desacatan tradiciones. Sus cambiantes gustos reconfiguran la riqueza y el poder, enriquecen a los advenedizos y dejan a la deriva a los antiguos vencedores. Sus elecciones desafían las estáticas nociones de autenticidad e identidad. Los consumidores de textiles cambian el mundo.

Para el gobierno Song del Sur (1127-1279) de la época de Lou, la seda era esencial para mantener el poder y preservar la paz.[3] El régimen del emperador utilizaba el preciado tejido para sobornar a los reinos rivales que amenazaban sus fronteras, para vestir a su creciente ejército, para recompensar a los oficiales leales y para hacer regalos a los plebeyos. Cada año el Estado chino compraba cuatro millones de rollos de seda. Recaudaba más de tres millones adicionales de rollos en impuestos. Tras esos impuestos estaba el trabajo de incontables campesinos vestidos con la humilde estameña.

En el último panel del pergamino de Lou, tres mujeres miden varios rollos de tejido, y los pliegan para echarlos a un cesto que tiene como destino al recaudador de impuestos. El poema que lo acompaña reconoce que la tarea de los sericicultores bien vale el esfuerzo. El imperio está haciendo buen uso de la seda, afirma, y no desviándola para disfrute de las élites:

Los inspectores transportan la seda para defensa de las fronteras,
¡tanto y tan duro trabajo! Pero no caben aquí los lamentos.
Es una inmensa victoria para la delicada seda de los Han;
pues antes, si la seda se manchaba por el rojo
[de una cortesana], ya nadie se la volvía a poner.

Con esta invocación de la extravagante cortesana —de forma implícita, la amante de un oficial corrupto— y con la pareja vestida con seda de Damasco, Lou apunta en sus moralinas a otro de los orígenes de la demanda de seda: el floreciente mercado de consumo.

Durante el periodo Song, China experimentó su propia revolución comercial (en la que no faltaban unas letras de cambio conocidas por el nombre de *feiqian,* o «dinero volante»). Los mercados textiles prosperaban. El consumo público y privado de la seda ascendía, al menos, a cien millones de rollos al año. Unos veinte millones procedían de artesanos urbanos especializados en tejidos de lujo, mientras que el resto se confeccionaba en los sencillos telares de las zonas rurales. «La fabricación textil, antes reservada casi por entero a cubrir el mercado interior y al pago de impuestos, se reorientó a la producción para los mercados», escribe un historiador. Aprovechando los elevados precios, las familias campesinas se convirtieron en productores de seda a tiempo completo.[4]

En las ciudades florecían las tiendas de género. Entre los comercios especializados que había en la capital de Hangzhou, escribe una estudiosa de los textiles, se contaban «la tienda de seda de Chen, al oeste de la ciudad, la tienda de bordados de Xu, próxima a la avenida del Agua, la tienda de seda cruda que había bajo el puente de la avenida del Agua, la tienda de seda de Gu, en el distrito Qinghe, y la tienda de estameña y tela de ramio que había cerca del puente de Pingjin».[5]

Respondiendo a la popularidad que entre los compradores más adinerados tenía la *gasa de vuelta,* ligera y de motivos intrincados, los productores rurales crearon una alternativa más asequible. Confeccionaron unos livianos tejidos de hilo conocidos como «tafetán», que no requerían de la destreza y el equipo específico necesarios para hacer la gasa de vuelta, la cual se obtiene retorciendo entre sí diferentes pares de hebras de urdimbre e insertando la trama entre medias de la torsión. Entre los nuevos motivos se hallaban el

«castaño», la «lazada suelta» y el «cielo claro». Este invento encontró compradores expectantes en el mercado intermedio entre la «seda de Damasco» y la «burda estameña» del poema.

La habilidad para la seda que los chinos habían desarrollado atrajo también la atención de los extranjeros, atención que no se veía del todo satisfecha con el comercio ni con los impuestos. La mejor versión del pergamino de Lou que ha llegado hasta nuestros días no es el original del Song del Sur, sino una copia que se remonta a la dinastía Yuan, cuando los guerreros procedentes de las estepas gobernaban China… y buena parte del mundo.

A partir de la unificación que hizo Gengis Kan en 1206 de las tribus guerreras de las estepas, los mongoles construyeron el imperio continental más vasto de la historia. Cuando el siglo XIII tocaba a su fin, su dominio se ampliaba desde el mar del Japón hasta el Danubio. Los descendientes de Gengis Kan gobernaron China, Rusia e Irán.

Los mongoles no tejían. Era la suya una cultura nómada de pieles y *fieltro,* que se obtiene por fricción, apelmazando fibras animales húmedas. No obstante, para ellos las telas tejidas eran un bien muy preciado, y su deseo de conseguir tan delicado género motivó muchas de sus conquistas. «El hilo común que recorre todos los inventarios de sus botines son sin esos raros y coloridos tejidos, esas telas para confeccionar tiendas y ropa», escribe el historiador Thomas Allsen. Para que a su capital no le faltaran telas, Gengis Kan deportaba tejedores a Karakórum desde los territorios conquistados.[6]

Mezclando lo autóctono con lo importado, los gobernadores mongoles recibían a sus visitantes en enormes tiendas cuyo revestimiento exterior de fieltro blanco se hallaba festoneado de seda con brocados de oro. Este tipo de tela, conocido como *nasīj,* procedía de tierras musulmanas, muy al oeste de Mongolia. Pero llegó a estar tan identificado con los mongoles que los europeos se referían a él como la «tela tártara» y la «tela de Tartaria», haciendo uso de un término que designaba de forma genérica a los pueblos de las estepas.[7]

«No puede pasarse por alto la trascendencia que los textiles de lujo

tenían en el Imperio mongol», observa un historiador del arte especializado en textiles asiáticos.

> Saqueos, negocios, diplomacia, ceremonias, pagos de tributos e impuestos eran ocasiones para adquirir, distribuir y exhibir telas —sobre todo, suntuosos textiles de seda entretejida en oro—, actividades todas ellas que se realizaban con frecuencia en público y que eran símbolo del poder político mongol. Había muchos usos para los textiles opulentos: se empleaban en las prendas y en los accesorios personales, en los arreos de caballos y elefantes, en las tiendas y en las colgaduras de palacio, en cojines y doseles, en las obras de arte religioso, e incluso en retratos imperiales.[8]



El deseo de conseguir tan delicados tejidos como la tela de oro de este caftán espoleó las conquistas mongolas. La mayoría de las partes de esta prenda que en su origen estaban hechas de oro se han vuelto marrones con el paso del tiempo. (The David Collection, Copenhague, 23/2004. Foto: Pernille Klemp)

Cuando los mongoles invadieron Afganistán en 1221, la ciudad de

Herat se contaba entre sus mayores presas. Capital textil, famosa por sus telas de oro, Herat se rindió sin luchar, lo que libró a sus habitantes de las matanzas que sufrían quienes se resistían. (Ese destino les sobrevendría al año siguiente, tras la revuelta contra la ocupación). Junto con los botines habituales, los mongoles se hicieron con un tesoro textil especialmente valioso: nada menos que mil habilidosos tejedores.

Transportaron a los cautivos más de veinte mil kilómetros por Asia Central hasta Uigur, cuya capital era Beshbalik, en lo que hoy es la región de Sinkiang, al noroeste de China, muy cerca del interior de Mongolia. (Uigur fue el primer reino extranjero que se rindió al Imperio mongol; y era célebre por sus tapices de seda). Con aquel talento importado de manera involuntaria, los mongoles establecieron una colonia de tejedores dedicados a la producción de *nasīj.* No tardó Beshbalik, históricamente una ciudad de budistas y cristianos nestorianos, en tener una floreciente comunidad musulmana, engendrada por los tejedores de Herat transterrados.

Mientras conquistaban China, y Kublai Kan fundaba la dinastía Yuan en 1271, los mongoles hicieron uso de la migración forzada para crear nuevas capitales textiles. Dado que China tenía su propia y dinámica tradición de la seda, esas reubicaciones hicieron mucho más que asegurar un conveniente suministro de tela. En lo que parece haber sido una política deliberada, los talleres mongoles alentaban el intercambio de técnicas y motivos.

Al tiempo que creaban talleres para satisfacer sus ansias textiles, los mongoles mezclaban entre sí artesanos de diferentes lugares. Transportaron tejedores desde Samarcanda, en lo que hoy es Uzbekistán, hasta la ciudad de Xunmalin, cerca de la moderna Pekín; también trasladaron tejedores chinos a Samarcanda. Enviaron trescientos artesanos capturados en sus conquistas occidentales y otros trescientos procedentes del norte de China a un nuevo emplazamiento en Hangzhou, al oeste de Pekín.

«Bajo los auspicios mongoles, un gran número de tejedores de Asia Occidental y de trabajadores textiles, y no solo los productos de sus telares, fueron enviados al este, donde se convirtieron en residentes permanentes de China —escribe Allsen—. Pese a que no se trataba

exactamente de un hecho sin precedentes, la escala en la que se llevaron a cabo aquellos reasentamientos forzados fue, sin duda, algo extraordinario». Brutales e inhumanas, las reubicaciones, sin embargo, «dieron pie a oportunidades sin parangón para el intercambio técnico y artístico».[9] El resultado, y quizá la finalidad, fue una profusión de nuevos motivos.

Una prenda mongol de oro propiedad del Museo de Arte de Cleveland es un ejemplo de los diseños híbridos que surgieron de los talleres imperiales. La prenda combina motivos iraníes de grifos y leones alados con diseños de nubes chinas en las alas de los leones. Los hilos de oro que servían para dar forma a los diseños sobre una base de seda marrón oscuro se elaboraban fijando el metal a un sustrato de papel, una técnica china, mientras que la estructura del tejido, conocida como *lampás*, procedía de Irán.

«Los textiles del dominio mongol de este periodo desafían cualquier intento de definirlos», escribe un historiador textil.



Este tejido mongol combina motivos y técnicas chinas e iraníes. (Museo de Arte de Cleveland)

> Con el próspero mercado del Imperio mongol, los diseños migraron por todas las fronteras culturales, mezclando entre sí motivos tradicionales chinos, elementos de Oriente Próximo y repertorios locales de Asia Central, y por un breve periodo las sedas de China, de Oriente Medio, de los mamelucos y de la ciudad de Luca tuvieron un repertorio decorativo internacional. Se crearon colonias enteras de hábiles artesanos de diversas razas, lo que facilitó que existiera una especie de desarrollo híbrido en el arte textil y en su tecnología, lo cual desconcierta a los historiadores textiles de la actualidad.[10]

Las importaciones de tejidos híbridos llevadas a cabo por diplomáticos y comerciantes hicieron que el fermento creativo trascendiera el territorio mongol y llegara a influir en los estilos europeos. «En Italia —escriben dos historiadores del arte— el impacto de sus exóticos diseños sirvió como detonante para iniciar el capítulo más imaginativo de la historia del tejido de seda en Europa».[11]

Los mongoles alentaban el comercio por la misma razón por la que

saqueaban ciudades y capturaban artesanos. Lo querían todo, pero en particular querían tejidos. «La estrecha conexión entre sus intereses en el mercado de larga distancia y el deseo de poseer suntuosas telas se refleja con frecuencia en las fuentes —observa Allsen—. En una de sus máximas, Chinggis Qan [Gengis Kan] ensalza las virtudes de los comerciantes que "llegaban con prendas bien brocadas de oro", ¡e incluso los proclama modelos a seguir ante sus oficiales militares!».[12]

Cuando en 1260 concluyeron por fin las guerras de conquista, la posterior *pax mongolica* creó una vasta extensión para el intercambio pacífico, ya que los mongoles transformaron sus antiguas rutas militares en arterias comerciales protegidas. Junto con la seda, las rutas comerciales mongolas llevaron desde Oriente hasta Europa nuevas ideas y tecnologías; entre ellas, la pólvora, la brújula, la impresión y la fabricación de papel. También llegó la peste negra. El resultado de la implacable búsqueda de textiles por parte de los mongoles fue una síntesis de culturas, de motivos y de técnicas de tejido... y que el mundo cambió para siempre.

En 1368, Zhu Yuanzhang ascendió al trono como el emperador Hongwu, fundador de la dinastía Ming de China. Campesino de nacimiento, Zhu dirigió un ejército que luchaba por derrocar la dinastía mongol Yuan, hasta que al final derrotó tanto al antiguo régimen como a sus adversarios. Una vez alcanzado el poder, Zhu trató de restaurar lo que consideraba el mandato tradicional de los Han tras casi un siglo de gobierno bárbaro.

Una de sus primeras acciones fue establecer un código de vestuario. Prohibió los estilos mongoles y dictó estándares para cada categoría de funcionarios, que los distinguían entre sí y también los diferenciaban de la gente corriente. Otras leyes ordenaban, según la jerarquización neoconfuciana, la clase plebeya: estudiosos, granjeros, artesanos y comerciantes. El código de vestuario regulaba los materiales que se emplearían en las prendas, los colores, la longitud de las mangas, los tocados, las joyas y los motivos bordados. El propósito, declaraba el

emperador, era «distinguir al honorable del humilde, y dejar patente el estatus y la autoridad».[13]

Más que restringir la forma de vestir, la mayoría de las leyes dictaminaban quién podía usar determinados tipos de tejidos. A los plebeyos se les prohibía vestir sedas, raso o brocados. Para los campesinos las restricciones se suavizaron en 1381, y se les permitió vestir seda, gasa de vuelta y algodón. Pero solo con que un miembro de la familia se dedicara al comercio ninguno podría ya vestir seda. Los comerciantes, aunque eran útiles, tenían que ocupar su lugar.

«La función básica del código de vestuario Ming era imponer el control del Estado en toda la sociedad —escribe un historiador—. Si las regulaciones daban una forma exacta a toda la sociedad y dichas regulaciones continuaban para siempre, se trataría de un modelo de sociedad confuciana, estable y estratificada». Esa, al menos, era la teoría.[14]

Durante los casi tres siglos que duró el Gobierno Ming, las regulaciones se mantuvieron casi sin cambios.[15] De vez en cuando se recrudecían las penas que se aplicaban por su incumplimiento. Sin embargo, la sociedad no se mantuvo estable. Las liturgias que eran el eje del orden confuciano cayeron en desuso o adoptaron elementos discordantes, como la inclusión de actores, músicos y prostitutas para el entretenimiento durante los funerales. Las prácticas taoístas y budistas se infiltraron en la cultura confuciana. A medida que florecía el comercio, las familias de los comerciantes se enriquecían y se volvían más prominentes, hasta asumir en ocasiones un estatus aristocrático.

Y la gente no obedecía las leyes. «Las pruebas arqueológicas procedentes de las tumbas de los príncipes Ming muestran que los estilos de vestuario mongol persistieron hasta bien entrado el siglo XVI —escribe la historiadora BuYun Chen—, lo cual no solo pone de relieve los límites del código de vestuario de Zhu Yuanzhang, sino también, y esto es más grave, el fracaso de sus esfuerzos por erradicar el legado del mongol Yuan».[16]

Con el paso del tiempo y el crecimiento del comercio, los incumplimientos aumentaron. Los plebeyos adinerados usaban tejidos

y estilos que se suponía que estaban reservados a las clases nobles. Desdeñaban las sedas sin adornos y adoptaban brocados que tenían prohibidos. Vestían colores que por ley no les correspondían, como el azul oscuro y el escarlata. Se ataviaban con bordados dorados. Compraban sombreros y túnicas que en principio estaban limitados al uso de los oficiales de la corte. «Las costumbres han cambiado de generación en generación —se lamentaba un literato de la época de la dinastía Ming que escribía a finales del siglo XVI—. Toda la gente tiende a respetar y admirar la riqueza y el lujo, y compite por tener ambas cosas sin atenerse a las restricciones del Gobierno».

En cualquier caso, los plebeyos no eran los únicos infractores. Los funcionarios y sus familias vestían ropa que estaba por encima de su estatus. Los hijos de los nobles, que ocupaban un muy inferior octavo rango, solían ataviarse con vestiduras reservadas a sus padres, que pertenecían a un rango muy superior. «Visten tocados marrón oscuro y túnicas estampadas con *qilin* [una criatura parecida a un dragón de pezuñas hendidas] atadas con lazos dorados, incluso cuando viven en casa o cuando han sido despedidos de sus puestos oficiales», se quejaba otro escritor del Ming. Los propios emperadores conculcaban las reglas, observaba el escritor, al regalar túnicas a sus favoritos sin considerar si su posición estaba a la altura del diseño.[17]

Pese a su desprecio por la ley, los consumidores de Ming, paradójicamente, reforzaban la jerarquía que la propia ley debía hacer cumplir. No ansiaban hacerse con túnicas *qilin* porque eran más bellas o suntuosas que otras prendas similares con diferentes motivos. Las querían porque se asociaban a los oficiales de alto rango de la corte. Las *leyes suntuarias* definían lo que era deseable…, y los productos más deseables eran aquellos que simbolizaban el estatus imperial. Como resultado, argumenta Chen, «la imitación no disminuía necesariamente el poder de la corte. La ostentosa competición por llevar las vestiduras vinculadas al poder que otorgaba el Estado reafirmaba el lugar que ocupaba el emperador en el centro del imperio».[18]

El contraste con el Japón de Edo (1603-1868) es muy revelador. Allí, el sogunato Tokugawa estableció su propia jerarquía inspirada en el confucianismo, con unas leyes suntuarias acordes. (Dentro de la

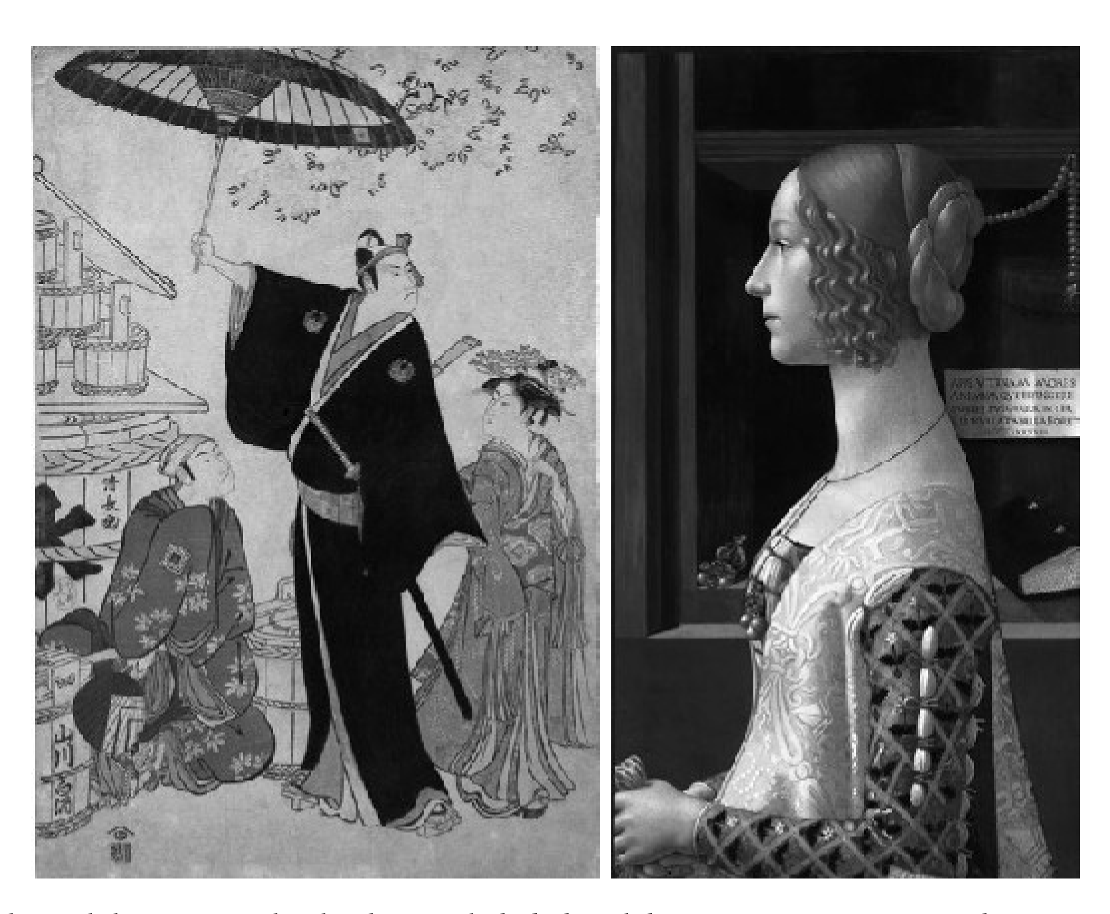
jerarquía japonesa, la clase baja de los samuráis reemplazó a los literatos en la cima de la clase plebeya). Las leyes eran desobedecidas y modificadas todo el tiempo y de forma tan descarada que la gente se burlaba de ellas, llamándolas «las leyes de los tres días».

Sin embargo, en lugar de imitar a los que se suponía que estaban por encima de ellos, los artesanos y comerciantes urbanos a los que se tildaba de humildes *chōnin,* o ciudadanos, inventaron nuevas formas de embellecer y de llevar textiles que eludían las restricciones y definían un gusto sofisticado. Cuando la ley decretó la prohibición de motivos *shibori* hechos a partir del *tie-dye*, o teñido anudado, los *chōnin* desarrollaron distintos métodos para pintar a mano la seda. Tan pronto se les prohibió llevar colores vivos, los urbanitas, que amaban el buen vestir, dejaban para el exterior de sus prendas los colores mate y ocultaban toda suntuosidad en el forro, lo que evolucionó en una clase de estilo denominado *iki,* en el que lo primordial era la sutileza. «¿Qué mejor manera de eludir al estirado samurái que te prohíbe vestir una seda con motivos bordados en oro», escribe la antropóloga Liza Dalby,

> que vistiendo una *kosode* a rayas azul oscuro de fea seda salvaje... pero atildada de crespones con motivos en espléndido amarillo? ¿O encargar a uno de los principales artistas de la ciudad que pinte el forro de tu mustia chaqueta? Uno tenía la satisfacción no solo de cumplir con la ley, sino también de ponerse por encima de sus engreídos perpetradores. Infatigables árbitros de estilo, los ciudadanos volvieron las tornas de la moda en su favor al desdeñar la espléndida ostentación que ahora se les negaba. Que los samuráis y las prostitutas se aferren a sus coloridos brocados. Cualquiera con gusto preferiría con creces los detalles más sutiles que indicaban que una persona semejante era un *iki.*[19]

Aquí, las leyes suntuarias no marcaban los estándares de la moda. Eran los comerciantes adinerados y las estrellas del kabuki quienes lo hacían. En China, donde las altas puntuaciones de los exámenes podían convertir a un campesino en un funcionario, la ambición aún tenía su atención puesta en la corte. La finalidad era ascender por una jerarquía estática y vestir según una elección propia, por prohibido que estuviera, que reflejase dicha ambición. En Japón, los plebeyos no aspiraban a ser samuráis. Valoraban más una vida urbana rodeada de arte, placeres y novedades a la moda. Aun así, en ambos lugares, la gente utilizaba los textiles para dejar ver aquello que quería ser.

Mientras Zhu Yuanzhang establecía el gobierno de la dinastía Ming, al otro lado de lo que un día recibiría el nombre de Ruta de la Seda, las repúblicas comerciales de Italia adoptaban sus propias restricciones a los textiles, el vestuario y los adornos. Desde el año 1300 al 1500, las ciudades-Estado italianas aprobaron más de trescientas leyes suntuarias distintas, «muchas más que en todas las demás zonas de Europa juntas», cuenta un historiador. Padua no permitía que las mujeres, «casadas o no, y fuera cual fuese su estatus social o condición», pudiesen tener más de dos vestidos de seda. Bolonia multaba a quienes llevasen cierres de plata dorada. Venecia prohibió las colas y «las modas francesas». Florencia incluso especificó que los cadáveres solo podían ser enterrados envueltos en prendas de lana o, como mucho, de lino. La tumba no era lugar para delicadezas.[20]



En el papel de un joven dandi, el actor de kabuki Ichikawa Yaozo III viste un kimono oscuro con un festón de color rojo intenso, cumpliendo así con las leyes suntuarias, pero mostrando al mismo tiempo un estilo iki. *Grabado de Torii Kiyonaga, de 1784. En el retrato de 1488 de Domenico Ghirlandaio, Giovanna Tornabuoni viste un brocado con dibujos, adornos florales y*

rayas cruzadas que estaba prohibido por las leyes suntuarias florentinas. (Museo Metropolitano del Arte de Nueva York; Wikimedia)

En las ciudades-Estado gobernadas por comerciantes, la normativa no se preocupaba tanto de mantener las jerarquías sociales como de aplacar la extravagancia en general. Las cada vez más espléndidas ostentaciones podían haber ofendido a los ascéticos cristianos a quienes arengaban los monjes franciscanos y a la modestia y frugalidad tan valoradas por los mercaderes tradicionales. Pero la meta suprema de las legislaciones suntuarias no tenía nada que ver con esas tradiciones, sino que era la autodisciplina financiera.

Las leyes buscaban limitar la presión competitiva de gastar mayores sumas en joyas, textiles y celebraciones públicas. Igual de preocupadas por su economía doméstica que por el bien común, las familias dirigentes esperaban frenar aquel desbocado y ostentoso consumo. Las leyes suntuarias daban una excusa para poder decir no, sobre todo a las esposas e hijas. (En Florencia, las leyes se hacían cumplir por quienes llevaban el revelador nombre de *ufficiale delle donne,* literalmente, «los funcionarios de las mujeres»).

Al contrario que la China de Ming, las ciudades-Estado italianas modificaban de continuo las leyes, tratando sin mucho éxito de que sus ciudadanos las cumplieran. Al analizar las leyes suntuarias florentinas emitidas desde finales del siglo XIII, al final de la república, en 1532, el historiador Ronald Rainey averiguó que las autoridades confirmaban y modificaban de manera reiterada las restricciones, aunque no servía de mucho. «Dada la frecuente aprobación de leyes suntuarias durante el siglo XIV —escribe Rainey—, resulta evidente que las normas sobre el vestuario de los plebeyos no se estaban cumpliendo a satisfacción de quienes promulgaban las leyes».[21]

Las leyes florentinas adoptadas a principios de la década de 1320 prohibían que las mujeres dispusiesen de más de cuatro vestidos apropiados para llevar en público. De ellos, solo uno podía estar confeccionado en *sciamito,* una seda carísima, o de *scarlatta,* una lana teñida con un costoso quermes rojo. Más adelante, en 1330, la ciudad prohibió por completo los vestidos nuevos de *sciamiti*, y exigió que las mujeres que ya disponían de ellos dieran parte de sus prendas a las

autoridades de la ciudad. En 1356, las autoridades declararon ilegales incluso esas excepciones, y solo se permitía seda sin adornos. Cualquier mujer que llevase textiles más elaborados era objeto de una severa multa.

Las leyes se modificaban tanto para evitar las lagunas jurídicas como para ajustarse a las fluctuaciones de la moda. La ley de la década de 1320 prohibía que cualquiera, ya fuera hombre o mujer, llevase prendas decoradas con imágenes de «árboles, flores, animales, pájaros o cualquier otra figura, ya estuvieran dichas figuras cosidas, cortadas en bajorrelieve o pegadas de alguna otra manera a la prenda». Una revisión de 1330 añadía a la lista las figuras pintadas. Dicha revisión también prohibía coser franjas o materiales cruzados para decorar los vestidos de las mujeres.[22]

Las leyes suntuarias italianas podían haber disuadido de alguna extravagancia, pero lo que es evidente es que no consiguieron acabar con ellas. Lo único que hicieron fue alentar el disimulo y las soluciones alternativas, que se convertían en moda (un nuevo estilo para eludir las restricciones). De ahí la necesidad de modificar la ley para prohibir las figuras pintadas y los festones de seda.[23]

En uno de sus relatos de la vida florentina, el escritor del siglo XIV Franco Sacchetti, que trabajaba como funcionario para la aplicación de las leyes suntuarias, retrata la actitud predominante. Un juez contratado para hacer cumplir las leyes llamado Amerigo parece que está fracasando en su tarea. Las mujeres de Florencia pasean por las calles ataviadas con atuendos prohibidos, y, pese a todo, a nadie ha castigado el juez por tales incumplimientos.

«No es culpa mía —afirma Amerigo—. Lo que pasa es que las mujeres tienen un gran talento para discutir la ley». Al detener en la calle a una mujer que llevaba bordados ilegales en el sombrero, la presunta infractora retiró el borde decorativo y dijo que se trataba de un ramito. Otra mujer, cuestionada por llevar demasiados botones, dijo que las bolas de plata no eran botones, sino borlas. Carecían de ojales a juego. Desarmado por aquella lógica, Amerigo se confiesa incapaz de arrestar a las mujeres. Sus jefes coinciden con él: «Todos los oficiales aconsejaron a Messer Amerigo que hiciera lo que pudiera y el

resto lo pasara por alto». Sacchetti termina su historia con un dicho popular: «Lo que las mujeres quieren el Señor lo quiere, y lo que el Señor quiere, pasa y se olvida».[24]

Quien quebrantaba las leyes suntuarias en la China de Ming se arriesgaba al castigo físico, a trabajos forzosos y a la confiscación de sus bienes. En Italia, el castigo, por lo general, era una multa. Las restricciones de vestuario servían a un propósito fiscal, que llenaba las arcas de la ciudad.

Además de las multas, las leyes generaban tasas. Cuando las nuevas reglas quedaban aprobadas, la ciudad solía ofrecer a sus ciudadanos una vía para conservar los atuendos ahora prohibidos: informen de que tienen un atuendo infractor, paguen una tasa y obtengan un sello que indique que tiene permitido su uso. Después de que Bolonia aprobase un nuevo estatuto en 1401, se registraron más de doscientas prendas, lo que generó al menos mil liras en multas. (A efectos comparativos, un administrativo tenía un salario de sesenta liras al año). Una mujer adquirió un permiso para conservar un abrigo de lana verde con motivos silvestres de ciervos, aves y árboles bordados en oro. Otra mujer pagó por el uso de cinco prendas; entre ellas, un abrigo de lana roja con rayas y estrellas de plata en un fondo de ondas. Una tercera registró un vestido de terciopelo adornado con hojas doradas y escarlatas. «Las multas y los etiquetados se convirtieron en una especie de recaudación de impuestos», observa un historiador, que apunta a «que las motivaciones fiscales eran uno de los más poderosos estímulos de las políticas adoptadas para regular los lujos y las apariencias».[25]

En ese arañar en busca de ingresos, Florencia fue un paso más lejos, al convertir sus multas en permisos *de facto.* Una multa anual, o *gabella,* podía comprar la exención de alguna restricción particularmente molesta. Bajo las reglas de 1373, con cincuenta florines de oro —una suma que permitía al municipio pagar a un ballestero durante quince meses— se le restituía a una mujer el derecho a vestir prendas de lana adornadas con motivos de seda. Por veinticinco florines, una mujer casada podía decorar los bajos de sus faldas, un privilegio que, de otro modo, quedaba limitado a las solteras. Por diez florines un hombre podía vestir *pannos curtos* (literalmente, «paños cortos»), y mostrar así las piernas por encima de la mitad de los muslos

cuando estaba de pie. Por el mismo precio, una mujer podía llevar botones forrados de seda.

La lista de exenciones disponibles por un precio era casi tan larga como la lista de prohibiciones. «De hecho, tan extensas eran estas exenciones adquiribles a un precio —escribe Rainey— que pocos de los artículos prohibidos por normativas anteriores seguían vetados para aquellas mujeres que podían permitirse el pago de las tasas exigidas». El predecible resultado, observa Rainey, «fue que entre las florentinas se fomentó la indiferencia a la normativa contra el consumo desaforado».[26]

Pese a algún que otro florecimiento de celo ascético —entre los más notorios, cabe destacar los fieros sermones contra el lujo de Girolamo Savonarola, monje florentino—, a las ciudades comerciales de Italia les faltaba convicción para legislar a las claras el uso de adornos o para limitarlos a unos pocos. En su fuero interno, los ciudadanos creían que las cosas bellas eran buenas y que daban honra tanto a quien las llevaba como a la propia ciudad. Incluso un vestido bordado en oro podía apuntar a lo divino.

Así como contemplar las «infinitas obras de la naturaleza» llevaba a algunos a percibir la grandeza de Dios, escribía un defensor milanés de la tradicional «libertad de vestuario» de su ciudad frente a las leyes suntuarias impuestas por los españoles, así otros,

> al contemplar las maravillas del arte, se ven de alguna manera elevados y reflexionan sobre la gran sabiduría de Dios, que infunde tal conocimiento a los hombres, y por esa vía llegan de algún modo a comprender la enorme munificencia de ese mismo Dios que, a través de su benevolencia, otorga ingenio e industria en ellos; y así también perciben la ilimitada e ininteligible Majestad del mismo Dios de los Cielos al ver la majestad que tan suntuosas prendas y accesorios confieren sobre la tierra.[27]

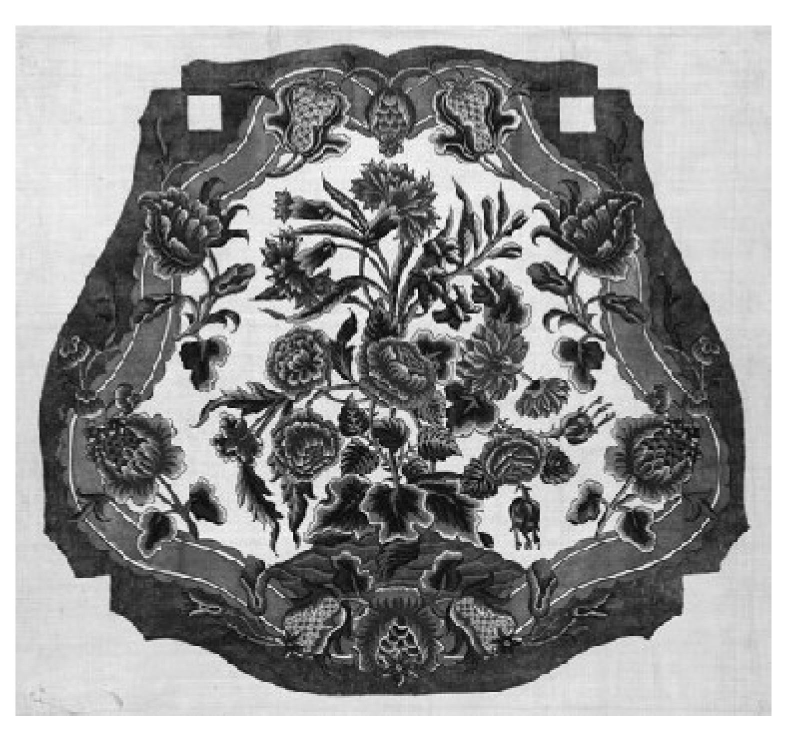
Lugares de comercio e industria, las ciudades italianas sabían que su grandeza dependía de la artesanía y de la satisfacción de los consumidores. Por más que trataran de limitar sus impulsos adquisitivos a través de las normativas, los ciudadanos encontraban honra en la creación y exhibición del talento artístico en todas sus formas, incluyendo los lujosos textiles y los atavíos. Lo que el consumidor quiere tiende a pasar y olvidarse.

Cuando salió a comprar a la carnicería, la joven señorita La Genne llevaba su chaqueta nueva, ajustada al talle, con su elegante estampado de algodón con grandes flores marrones y rayas rojas sobre un fondo blanco. Eso provocó su detención.

Otra joven que se hallaba junto a la puerta de la vinatería de su jefe vestía una chaqueta parecida con flores rojas. Ella también fue arrestada.

Al igual que *madame* de Ville, *lady* Coulange y *madame* Boite. Por las ventanas de sus hogares, las autoridades encargadas del cumplimiento de la ley habían visto a aquellas infortunadas vestidas con flores rojas estampadas sobre blanco. Todas fueron detenidas por tenencia ilegal.[28]

Sucedía en París en 1730, y los tejidos de algodón estampado conocidos como *toiles peintes* o indianos —esto es, calicós, *chintzs* y muselinas— habían sido declarados ilegales en 1686. Cada pocos años las autoridades revalidaban y retocaban la ley, pero la moda se resistía a desaparecer. Frustrado por el contrabando rampante y la desobediencia generalizada a las leyes, en 1726 el Gobierno aumentó las penas a los traficantes y a quienes les prestasen ayuda. Los infractores podían ser sentenciados a empujar varios años remos en las galeras de la Marina, mientras que a quienes cometían las infracciones más severas se les reservaba la pena capital. A las autoridades locales se les otorgó libertad para detener sin posibilidad de juicio a quienes simplemente vistiesen los tejidos prohibidos o decorasen sus hogares con ellos.



Desde 1686 hasta 1759, poseer en Francia una silla como esta, con el asiento estampado, podía llevarte a prisión. (Museo Metropolitano del Arte de Nueva York)

«En esta ley se puede sentir la exasperación de los legisladores, tras cuarenta años de sucesivos edictos y ordenanzas que eran en gran medida ignorados, desobedecidos a las claras o burlados de forma sistemática», escribe el historiador de la moda Gillian Crosby. Su principal efecto fue la ofensiva sufrida por los consumidores, y un aumento de los arrestos por mera posesión. «Viéndose incapaces de paralizar el negocio en las fronteras, los estampados o el tráfico de mercancías —escribe Crosby—, los funcionarios del Gobierno se centraron en dar ejemplo con los tejedores independientes, en un intento de detener la tendencia». Fracasaron.[29]

En los anales de la prohibición, la guerra francesa contra los estampados de algodón es una de las más extrañas y de episodios más extremos. El veto no era una ley suntuaria, sino una forma draconiana de proteccionismo económico diseñado para proteger a las industrias establecidas de los gustos de los consumidores. La prohibición original de 1686 explicaba:

> El Rey ha sido informado de que la mayoría de los tejidos de algodón pintados en las Indias o falsificados en el Reino... no solo han hecho aumentar la pérdida de millones fuera del Reino,

sino que también han provocado un descenso del número de fabricantes de materiales de seda, lana, lino y cáñamo que llevaban mucho tiempo afincados en Francia, al tiempo que han provocado la ruina y la deserción de los trabajadores que, al no poder encontrar empleo ni subsistencia para sus familias debido al cese de sus tareas, han abandonado el Reino.[30]

Otros países europeos, entre ellos Inglaterra, también vetaron las importaciones de calicó, pero la política francesa era la más drástica. Hizo algo más que limitarse a bloquear los estampados de importación: también prohibió los algodones sin adornos procedentes del extranjero. Y vetó la estampación nacional, incluso para las telas que se hacían en Francia. No es que se limitase a ser una política antiextranjera; era una política antialgodón y antiestampados. En cambio, Inglaterra fomentaba una industria interior de estampados en fustán, que utilizaba hilos de urdimbre de lino y tramas de algodón.[31] La prohibición francesa fue la que más se prolongó en toda Europa, extendiéndose durante setenta y tres años. Nunca funcionó. Los clientes adoraban el calicó y se negaban a renunciar a él.

Introducidos por los comerciantes portugueses en el siglo XVI, los tejidos indios no se parecían a nada que los europeos hubieran visto antes. Los azules y los rojos eran espectaculares, y, gracias a la destreza con el tinte perfeccionada a lo largo de los siglos, los colores no desaparecían con la frecuencia de los lavados. Los tejidos de algodón eran suaves y ligeros, ideales para las prendas de verano, y más cómodos que el lino como ropa interior. Los propios estampados eran, en líneas generales, una novedad en Europa, y proporcionaban una irresistible cornucopia de motivos pictóricos sin el gasto que suponía tejerlos en un telar manual.

Los habilidosos productores indios modificaron sus diseños para adaptarse a los gustos locales, como llevaban tiempo haciendo con sus clientes en Extremo Oriente. La adaptación más importante consistía en estampar o dibujar los coloridos diseños sobre fondos blancos en lugar de usar figuras blancas sobre azul o rojo. Para evitar que una gran cantidad de tela absorbiera el tinte se precisaba de nuevas técnicas. Así, «los consumidores europeos no se limitaban a modificar los productos —observa un historiador—; también moldeaban las innovadoras tecnologías que se utilizaban para producirlos». Los motivos textiles

resultantes eran híbridos que entremezclaban diseños de Europa y Asia y producían unos estampados que resultaban a un tiempo familiares y exóticos, sin dejar de estar a la moda.[32]

Los indianos no eran en exclusiva productos suntuosos. Los estampados ofrecían opciones para todo tipo de ingresos. Una dama de la aristocracia podía llevar a la corte una falda pintada de forma primorosa mientras, por menos del sueldo de un día, una criada podía atildarse con un conjunto de tonos sobrios y una pañoleta de flores. «El secreto de su éxito —escribe la historiadora Felicia Gottman— era el amplio surtido de calidades en el que venían, desde los finísimos tejidos de *chintz* pintados a mano hasta los calicós más baratos, teñidos o estampados en cadena; de este modo servían lo mismo para decorar las casas de verano de los aristócratas que para vestir a los trabajadores pobres o proporcionar a los burgueses alternativas más baratas a las sedas francesas de mayor calidad».[33] A mediados del siglo XVII, los indianos estaban en todas partes, y cubrían las necesidades de todo el mundo.

El éxito espectacular de la tela de algodón disparó la oposición política practicada por los fabricantes de seda, lino y lana, cuyas voces se tenían más en cuenta en Versalles que las de los simples consumidores. Los representantes de la industria persuadieron al Gobierno para que ilegalizase aquel tejido emergente. Pero, desde el comienzo, los contrabandistas explotaron cada laguna jurídica concebible.

El régimen no quería privar por completo a la Compañía Francesa de las Indias Orientales, controlada por el Gobierno, de su mercado europeo. De manera que la ley permitía la subasta de indianos supuestamente destinados a compradores en el extranjero. Las subastas de textiles atraían a pujadores que se aprovisionaban de estampados para cambiarlos por esclavos en el África Occidental, lo cual era legal, y a quienes planeaban vender los tejidos en las Indias Francesas Occidentales, que no lo era. Resultaba del todo imposible saber quién tenía previsto hacer qué.

Las razones de los compradores extranjeros oficialmente legitimados eran, cuando menos, sospechosas. Muchos procedían de Suiza y de las

islas del Canal, claros proveedores de textiles ilícitos.[34] Los extranjeros compraban el calicó en las subastas, regresaban con ellos y los introducían de nuevo en el país de contrabando. Los tejidos prohibidos pasaban la frontera desde Holanda y Saboya, donde eran legales. También entraban a través de Aviñón, que estaba bajo el control del papado, y salían de los barcos y almacenes de Marsella, donde su presunto destino era la reexportación.



Gracias a los calicós, todo el mundo, desde los caballeros y damas de la aristocracia a doncellas y prostitutas (como la «Belleza de St. Giles», que aparece en este elegante grabado del siglo XVIII*), disfrutaba de colores, motivos y telas cómodas. (Cortesía de la Biblioteca Lewis Walpole, Universidad de Yale)*

Todo aquel que en Francia quería calicó —y la mayoría lo quería— podía conseguirlo. Vestido por las mujeres más elegantes del país,

atentamente observadas por sus hombres más poderosos, el prestigio de los indianos nunca disminuía. En vez de servir para construir la riqueza del reino, la prohibición convirtió a incontables ciudadanos en delincuentes.

También sofocó el desarrollo de una industria francesa del estampado textil, en tanto los empresarios de Inglaterra, Holanda y Suiza concebían exitosas técnicas de estampado. Sus diseños no eran tan delicados como los de los textiles de la India, pero a muchos clientes (entre ellos, a compradores franceses) les parecían bastante buenos. La prohibición también tuvo consecuencias en el terreno intelectual. En medio de la agitación de la Ilustración, el veto suscitó algunos de los primeros argumentos en pro del liberalismo económico. «Ya antes de que tuvieran lugar los debates, harto más conocidos, en torno a la liberalización del negocio del grano, en torno a los impuestos o incluso acerca del monopolio de la Compañía Francesa de las Indias, los *philosophes* y los economistas políticos de la Ilustración encontraron en el debate del calicó su primer campo de batalla importante», escribe Gottmann.[35]

Al argumento mercantilista que aseguraba que permitir la producción de calicó sería positivo para la industria francesa, los liberales económicos añadían un nuevo punto. La ley era injusta, afirmaban, al penalizar a muchos por el beneficio de unos cuantos. Lo que los productores textiles demandaban era una barbaridad. Así se expresaba el *abbé* André Morellet, en un tratado de 1758 contra la prohibición:

> ¿No es extraño que una orden, por otra parte, respetable, de ciudadanos solicite terribles castigos como la muerte y las galeras para otros franceses, y que lo haga por razones de interés comercial? ¿Acaso nuestros descendientes serán capaces de creer que nuestra nación era en realidad ilustrada y civilizada, como ahora nos gusta decir, cuando lean que a mediados del siglo XVIII un hombre en Francia fue ahorcado por comprar en Ginebra a 22 sueldos lo que tuvo ocasión de comprar en Grenoble a 58?

El negocio textil, recordaba Morellet a sus lectores, no era la nación francesa, sino una pequeña parte de ella. «Era la crueldad del sistema de represión, no un único ejemplo de dicho sistema, lo que el autor quería subrayar», escribe un historiador.[36]

En la década de 1740, desgastado por la oposición pública y las discusiones intelectuales, y preocupado por los rivales europeos que desarrollaban sus propias industrias del estampado, el régimen concedió a unos cuantos empresarios el derecho de realizar estampados en tejidos confeccionados en Francia, entre los cuales se contaba el algodón procedente de las colonias. Tan pronto estas empresas produjeron estampados aceptables, aumentó el clamor por su ilegalización. Después de todo, incluso Jean-Baptiste Colbert, el padre del dirigismo francés, había mantenido que solo habían de protegerse las nuevas industrias, no las que ya estaban perfectamente afianzadas, como las de la seda de Lyon.

El veto se levantó en 1759, lo que otorgó una victoria parcial a los que se mostraban contrarios a la prohibición. El régimen optó por un impuesto del 25 por ciento, lo que seguía haciendo rentable el contrabando. Una vez en el país, los tejidos que eludían el pago impositivo podían pasar por legítimos con facilidad. Sea como sea, y pese a su arranque tardío, los empresarios franceses pudieron desarrollar una exitosa industria del calicó, llegando a perfeccionar la nueva tecnología del estampado en plancha de cobre, que se basaba en el muy evolucionado negocio europeo de ilustrar libros utilizando grabados. Algodones autóctonos como la *toile de Jouy*, que mostraba intrincadas viñetas inspiradas en las porcelanas chinas, se pusieron tan de moda como los exóticos indianos.[37] Y los ciudadanos franceses ya no acabarían en prisión por ataviarse con delantales floreados, sentarse en tapizados de *chintz* o cubrir sus camas con *toiles peintes*.

Poco importaba lo que la gente pudiera imaginar en Inglaterra: Richard Miles sabía que sus clientes no eran unos pueblerinos. No aceptarían adorno barato alguno que un comerciante extranjero les pudiera ofrecer. Eran muy quisquillosos y daban mucha importancia a las marcas, y Richard Miles necesitaba tenerlos contentos.

Así que, cuando escribió a su ciudad para pedir nuevos suministros, Miles fue tan específico como brusco. Enviad varios metros de tela azul, ordenó, «nada de verdes. Unos cuantos amarillos creo que los

venderé como dorados». Los clientes, prosiguió, preferían la sarga de lana ligera, conocida como *half says* y manufacturada por un fabricante llamado Knipe, a la de su competidor.

> Lamento mucho deciros que los *half says* de Mr. Kershaw no se parecen en nada [a los de Knipe], y he llegado a pensar que, si todos los hombres del reino intentaran confeccionar algo semejante, jamás podrían eclipsar a los de Knipe; al menos no a los ojos de los comerciantes negros de aquí, y es a ellos a los que hay que complacer.

Corría el año 1777, y Miles, oficial de la Compañía de Comerciantes de África, comandaba un fuerte en lo que hoy es Ghana. Pero bajo cuerda llevaba a cabo sus propios negocios privados: cambiaba productos importados por oro, marfil y, sobre todo, esclavos.

Mientras estuvo destinado allí, entre 1772 y 1780, Miles compró 2.218 esclavos africanos en 1.308 transacciones de trueque. Comerciaba sobre todo con los fante que habitaban en las áreas costeras, que hacían las veces de intermediarios con los recolectores de esclavos asante, quienes vendían a los cautivos que traían del interior. Dado que los fante negociaban en nombre propio y en el de sus proveedores asante, explica el historiador George Metcalf, «hay pocas dudas de que la mercancía que Miles intercambiaba en esta zona comprendía los bienes más demandados por todo el territorio habitado por los pueblos akanes» (grupo que incluía los asante y los fante): a cambio de esclavos, querían textiles.

Al analizar los detallados registros que Miles conservó de sus negocios, Metcalf descubrió que la tela ascendía a algo más de la mitad del valor de los bienes intercambiados por esclavos, mientras que el oro ocupaba el segundo lugar, con un 16 por ciento. Dejando aparte el oro, que funcionaba de manera fundamental como una moneda de curso legal, los textiles ascendían a más del 60 por ciento. «En términos del consumidor akán —observa Metcalf—, no es exagerado decir que todo el negocio consistía en textiles».[38]

Como los mongoles antes que ellos y los europeos con los que comerciaban, los fante y los asante mostraban pocos escrúpulos humanitarios en lo que respectaba al brutal coste de sus textiles. Aun antes de que el algodón conquistase el sur de América, el negocio de la

esclavitud estaba perfectamente imbricado con las telas, impulsado por la demanda de los consumidores de África Occidental.[39]

En el ardiente clima de la zona, los tejidos ligeros eran lo que más ansiaban los compradores, hasta el punto de que el algodón conformaba el 60 por ciento de los textiles que Miles intercambiaba por esclavos. «Un bello indiano siempre se venderá a más que otra tela más cara —observaba un escritor francés—, ya sea porque la variedad de colores es más del gusto de los negros, o porque la ligereza de la tela es más apropiada para estos climas tan calurosos». Confeccionados a menudo de forma específica para el mercado africano, aquellos estampados llegaron a conocerse como «tela guineana». Para obtener lo que de verdad querían, los asante también cambiaban las importaciones europeas por una tela de algodón con rayas azules y blancas conocida como *kyekye,* procedente de lo que hoy se conoce como Costa de Marfil. Ellos preferían este género suave y firme a cualquier cosa hecha con tejidos de importación.[40]

Los de África Occidental sabían lo que querían, en otras palabras, y a menudo eso difería de lo que los europeos estaban acostumbrados a confeccionar. Siguiendo las costumbres locales, los motivos tejidos en índigo y blanco eran muy apreciados. De la misma manera en que los productores indios se habían adaptado a los gustos europeos, también los creadores de textiles europeos buscaban complacer a sus clientes de África. Para comprender qué era lo que tenía probabilidades de venderse —y copiarlo—, los fabricantes de textiles ingleses solicitaban a sus agentes que les enviasen muestras de las telas autóctonas. «Aunque algunos de esos intentos de imitación fueron más satisfactorios que otros —observa un historiador—, es evidente que los gustos de los pueblos del África Occidental estaban teniendo por todas partes un enorme impacto en la producción de textiles de algodón».

Los africanos occidentales se apropiaron del más característico de los textiles ingleses, la lana escarlata, para su propio uso. Se trataba de un tejido predilecto del atuendo real del reino de Benín, en la costa de lo que hoy es Nigeria, y el rey solo permitía que lo vistiesen aquellos a los que concedía permiso. Por toda la región, los habitantes del lugar desmenuzaban el tejido para reutilizar el hilo, ignorando el uso para el que estaba pensado. Tejían brocados o añadían bordados para las

prendas ceremoniales, combinando la lana roja con el algodón autóctono o la fibra de líber. Las fibras locales, basadas en la celulosa, no absorbían el color tan bien como la lana, basada en proteínas.

«La lana teñida, en particular la lana escarlata, debió de ser apreciada de inmediato por su excepcional luminosidad: una fuerza visual que fue evidentemente monopolizada por las élites políticas y religiosas y usada en su provecho —escribe una historiadora—. Lo que es más notable acerca de este caso es que muestra cómo algunos materiales de importación seleccionados de forma especial podían ser integrados sin problemas a los materiales autóctonos para transformar importantes tradiciones vinculadas a las prendas ceremoniales».[41] Los consumidores africanos no se limitaban a tomar lo que se les daba. Adaptaban de manera muy creativa la tela extranjera a sus propios fines, creando nuevos híbridos textiles.

Los híbridos más recientes los podemos ver por las calles del África Occidental y Central de hoy, en esas prendas de algodón de colores muy vivos y producidas en cadena conocidas como *wax prints.* Estos estampados, que en África Occidental reciben el nombre de *ankara,* y de *kitenge* en África Oriental, eran en su origen imitaciones de batiks javaneses hechas para una clientela indonesia. En el siglo XIX, los fabricantes holandeses de la ciudad de Haarlem perfeccionaron un procedimiento de estampado en rodillo con cera de resina por ambos lados de la tela. Pero la resina se agrietaba durante el proceso, dejando líneas características que todavía hoy son la seña de identidad del género. A los indonesios les disgustaban aquellas marcas, y preferían las telas estampadas a mano, en especial una vez que los fabricantes de batiks desarrollaron técnicas menos laboriosas y a precios más bajos. A finales del siglo XIX, el mercado indonesio se había agostado.



Wax prints *a la venta en un mercado de Ghana. Aunque ahora se les considera la quintaesencia de lo africano, los estampados derivan de los batiks indonesios a través de la manufactura holandesa. (iStockphoto)*

Hacia 1890, el comerciante escocés Ebenezer Brown Fleming tuvo la brillante idea de probar a vender los tejidos procesados a máquina en la Costa de Oro africana, actualmente el país de Ghana. Quizá sabía que a las gentes del lugar les gustaban los batiks, que, a modo de regalos, habían llevado de regreso a su país los soldados del Ejército holandés que habían servido en Indonesia. Brown Fleming se confió a cientos de mujeres dedicadas al comercio para averiguar qué era lo que los clientes querían, y, en lugar de limitarse a repetir los motivos javaneses, creó nuevos diseños a la medida de los gustos africanos. Puesto que los africanos eran más altos que los indonesios, también cambió el ancho del tejido, pasando de cuarenta y ocho centímetros a ciento veintidós.

Aquellos tejidos llenos de color y perfectamente acabados fueron un auténtico éxito entre los clientes que ascendían socialmente y que buscaban mejores materiales que los baratos algodones ingleses disponibles hasta entonces. Al contrario que los indonesios, a los compradores africanos les gustaban las líneas irregulares producidas por las grietas de la resina. «Para ellos —observa una historiadora del

arte—, aquellas características guardaban semejanza con las técnicas del *tie-dye* y de los estampados resistentes del África Occidental, que llevaban mucho tiempo entre ellos y que tanto adoraban».[42]

A medida que los tejidos *wax* se iban poniendo de moda, los motivos concebidos en Europa fueron adoptando significados claramente locales. Los clientes y los comerciantes de telas bautizaban los diseños con sus propios proverbios y situaciones vitales. «Los nombres son el medio por el que los consumidores toman posesión de los tejidos *wax*, dándoles un sentido que no está ahí cuando los textiles se diseñan y producen», escribe una historiadora del arte. Así, un estampado de tallos rizados al que su diseñador holandés puso el nombre de «rastro de hojas» se convirtió en «El buen abalorio no habla», un proverbio de Ghana que advierte de que las personas admirables de verdad nunca presumen. El motivo en remolino que su creador llamó «Santana» se convirtió en «Querido, no me retires tu favor», en Costa de Marfil.

«Pájaro veloz», un motivo clásico que muestra unos gorriones en pleno vuelo, recibe el nombre de «El dinero vuela» en algunas partes de Ghana, y el de «Los rumores vuelan» en otras. Al inocuo «grabación de gramófono» ghanés, llamado así por sus estampados circulares, lo bautizaron como «cagada de vaca» los clientes polígamos de Costa de Marfil. (El nombre remite a un proverbio según el cual una casa con muchas viudas no es tan pacífica como parece: «La rivalidad entre coesposas es como la cagada de una vaca. Por arriba está seca, pero por dentro es pegajosa»). A menudo las mujeres visten un diseño especial para enviar un mensaje, y los nombres son tan esenciales de cara al valor de la prenda como los mismos diseños. «Los vendedores de telas y los consumidores —escribe una conservadora de arte que hizo trabajo de campo en Ghana— coinciden en que, si bien las mujeres compran telas porque “son bonitas”, también las compran porque “tienen un nombre”».[43]

Aunque de vez en cuando se les echa en cara su falta de autenticidad, los tejidos *wax* se consideran tan africanos como americana se considera la sarga en índigo y blanco a la que tiempo atrás llamaban *serge de Nimes* [el *denim*]. «Son una parte intrínseca de la vida social de aquellos que las usan», explica un estudioso de los textiles. Las

mujeres recogen y atesoran metros sin cortar, y pasan la tela a sus hijas y nietas. Los diseños de edición limitada conmemoran celebraciones nacionales y campañas políticas. Los tejidos *wax* tienen un lugar de honor en bodas, bautizos y funerales, y en las fiestas que se celebran para poner nombre a los niños. Los tejidos *wax* auténticos, confeccionados por autóctonos y foráneos a la vieja usanza, son tejidos de lujo, pero las imitaciones (entre ellas, las versiones de poliéster hechas en China) consiguen llegar hasta los pueblos más pobres.

«Los hábitos de la vida diaria en tantas partes de África han asimilado de tal modo estos textiles que están por todas partes, y son cualquier cosa excepto invisibles —observa un historiador del arte—. Se trata de una expresión artística fundamental de los africanos, así como también es una expresión artística fundamental de los europeos y una expresión artística fundamental de los asiáticos. En resumen, es complicado».[44] Los textiles tienden a serlo. La autenticidad cultural de las telas no surge de la pureza de sus orígenes, sino de las distintas maneras en que los individuos y los grupos llevan los textiles a sus propios propósitos. Los consumidores, no los productores, determinan el significado y el valor de los textiles. Las telas son algo adaptable y omnipresente, algo cuya forma y significado no deja de evolucionar. Intentar imponer un estándar externo, haciendo caso omiso de las creencias y los deseos de los consumidores, no es solo fútil, sino absurdo e irrespetuoso.

En septiembre de 2019, la Cámara de Representantes de los Estados Unidos conmemoró el cuatrocientos aniversario de la llegada de esclavos africanos a la América colonial. Para honrar la ocasión, varios miembros del Caucus Negro del Congreso y de los líderes de la Cámara, entre ellos la portavoz, Nancy Pelosi, llevaron estolas con un diseño ya conocido por los muchos estudiantes afroamericanos que lo han incorporado a sus trajes de graduación. Las estolas estaban estampadas en bloques alternos, uno con franjas amarillas, verdes y rojas, y otro en negro con un motivo amarillo en el centro. El motivo representa el Asiento Dorado, símbolo de la monarquía y el poder

entre los asante. En su enclave original, cada bloque no estaría estampado sino tejido, y cada franja de diez centímetros sería una de las veinticuatro franjas cosidas entre sí para formar un único tejido, que, similar a una toga, se viste a la manera de un manto: la famosa tela kente de Ghana.



En un evento para conmemorar el cuatrocientos aniversario de la llegada de esclavos africanos a suelo americano, la portavoz de la Cámara, Nancy Pelosi (a la derecha), y los representantes John Lewis y Sheila Jackson Lee llevan estolas con un diseño kente. (Getty Images)

A lo largo de más de mil años, los pueblos del África Occidental han fabricado textiles tejiendo franjas de apenas unos centímetros de ancho y cosiéndolas entre sí de lado a lado. Pero las telas kente surgieron no antes de finales del siglo XVIII. Sus característicos diseños requerían de un colorido hilo extranjero, de las nuevas tecnologías de los telares y de un enriquecimiento recíproco en la labor tejedora de los asante y los ewe. Una vez creadas, las kente adoptaban formas y significados cambiantes, tanto dentro como fuera de sus fronteras, hasta que las majestuosas túnicas de los traficantes de esclavos se convirtieron en las

estolas que homenajeaban la herencia y los logros de aquellos a cuyos ancestros esclavizaron.

Durante siglos, las tejedoras asante trabajaban casi de forma exclusiva en azul y blanco. Aparte del índigo, carecían de colores intensos que aportar a sus telas de algodón. Pero se dedicaban al comercio. Desde Libia cruzando el Sáhara y desde Europa a todo lo largo de la costa atlántica llegaban sedas de intensos colores, que eran intercambiadas por oro y esclavos. Al destramar aquel género, las tejedoras asante obtenían hilos de colores brillantes que les permitían embellecer sus diseños.

En sus memorias de 1760, el comerciante danés Ludewig Ferdinand Rømer atribuye la innovación al rey asante, o *asanthene,* Opoku Ware I (1700-1750). El rey, escribe Rømer, ordenó a los comerciantes la «adquisición de telas de tafetán de todos los colores. Los artesanos las destramaban para que, en lugar de tela y tafetán en rojo, azul, verde, etc., se obtuviesen miles de *alen* de hilos de lana y seda». (El *alen* danés era una unidad de medida equivalente a sesenta centímetros). Sea o no cierto que la idea original provino del *asanthene,* de lo que no cabe duda es de que este la agradeció. La tela multicolor disfrutaba del favor real y nutría el mercado aristocrático. Aquel nuevo y prestigioso lujo costaba diez veces el valor de un material más sobrio.[45]

Aunque abundase en color, esta tela no era exactamente lo que hoy conocemos como kente. Si algo distingue al kente de otros textiles de franjas estrechas son sus bloques, que alternan el tejido con efecto por trama y el tejido con efecto por urdimbre. No son los cuadrados al estilo de la tela escocesa que pueden confeccionarse en cualquier telar. Muy al contrario, los motivos orientados en vertical se alternan con los que se orientan en horizontal. En los bloques verticales solo se dejan ver los hilos de la urdimbre, que cubren por completo la trama. En las secciones horizontales solo se ven los hilos de la trama, que ocultan la urdimbre.[46]

Crear los diseños por bloques exige no solo planificación y pericia, sino también un equipo especial: un telar con dos pares de lizos separados. La parte delantera se teje de la forma habitual, con un único hilo de urdimbre atravesando cada lizo; un árbol levanta los hilos

impares, y el otro, los pares. Ambos actúan sobre los bloques con efecto por urdimbre.

Para el par trasero, en cambio, es preciso pasar seis hilos a la vez (a veces cuatro) a través de los lizos, alternando entre puñados pares e impares en lugar de hacerlo con hilos sueltos. Así unidos, la trama irá tapando los hilos de urdimbre. Para las telas kente más suntuosas, conocidas como *asasia*, de uso exclusivo de la realeza, el telar añade un tercer par de lizos, que da como resultado las diagonales de la sarga.

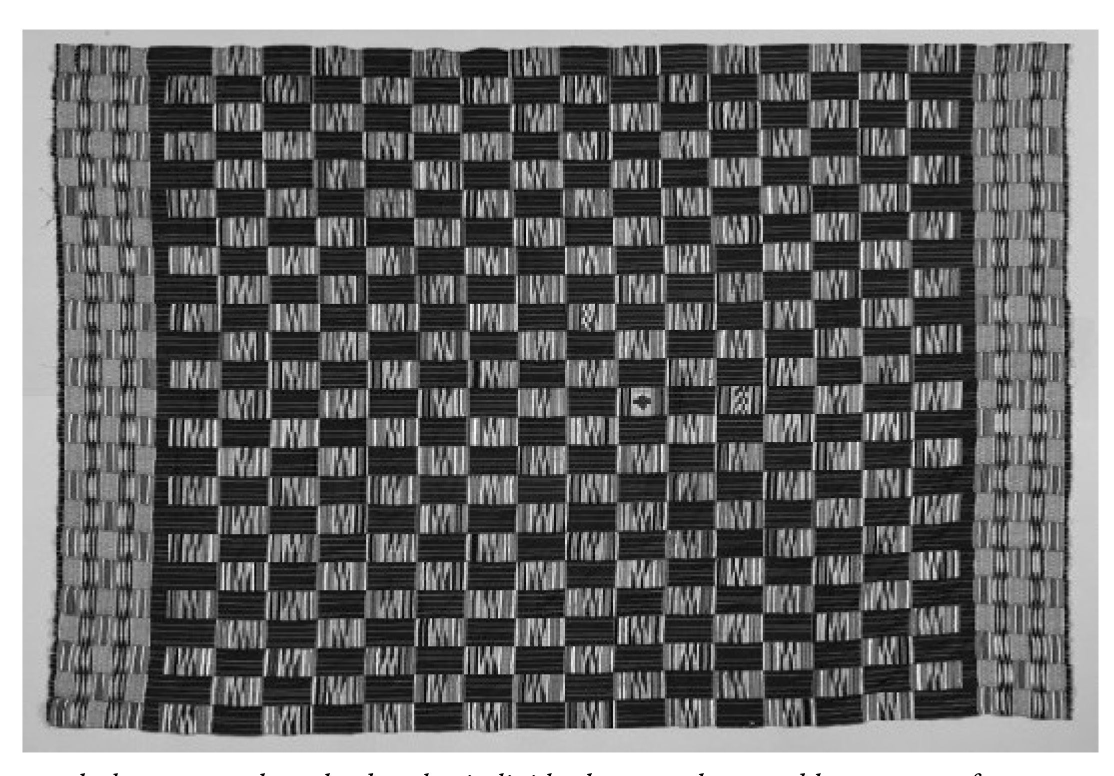
Entre los estudiosos se sigue debatiendo cómo y dónde con exactitud se desarrolló el telar de «doble lizo». Para la gente común y corriente de Ghana el origen de la tela kente está muy disputado debido a las rivalidades étnicas que le han dado forma. Los asante y los ewe quieren considerarlo su tejido nacional.[47] En realidad, lo más probable es que el kente surgiese de la fusión de diferentes tradiciones tejedoras.

En territorio asante, los tejedores que abastecían al *asanthene* y su corte se apiñaban en la ciudad de Bonwire, cerca de Kumasi, la capital de la región de Ashanti. Era la suya una industria jerárquica y rigurosamente controlada, supervisada por un jefe que recibía el nombre de *bonwirehene.* Este mantenía los estándares generales de producción y revisaba de forma directa el tejido real. También se aseguraba de que nadie quebrantase la etiqueta social al comprar telas que estuvieran por encima de su estatus. A principios de la década de 1970, escribe Venice Lamb, una de las primeras estudiosas que se ocuparon de recoger y documentar los textiles del África Occidental,

> el *bonwirehene* me refirió que hace cincuenta años se hubiera negado a vender una buena seda a un jovencito o a una persona sin relevancia social, y que se hubiera considerado un comportamiento irrespetuoso hacia los ancianos que un joven hubiera sido visto en público vistiendo dicha tela. Las buenas telas eran solo para los jefes y los «grandes hombres».[48]

Al servir a este mercado de élite, los tejedores asante desarrollaron una gran habilidad para crear y reproducir motivos en seda. Bonwire se convirtió en el refugio de los artesanos con ambiciones. Pero el mecenazgo real y el escenario centralizado que fomentó el trabajo de gran calidad también limitaba la variedad y las técnicas innovadoras.

Al vivir en la sabana, los ewe tenían un mayor acceso al algodón que los asante, que habitaban los espacios boscosos. Por otro lado, carecían de su pasión por los colores vivos. Así, mientras ellos incorporaban la seda, los ewe tejían hasta sus telas más delicadas sobre todo con algodón teñido en tonos sutiles. Sus tejedoras también estaban más dispersas, eran independientes y pensaban en el mercado. Los mejores productos ewe no quedaban limitados a la realeza. Cualquiera que tuviera recursos podía encargar una tela hecha a su conveniencia.



En una tela kente completa, las bandas individuales que alternan bloques con efecto por trama y bloques con efecto por urdimbre se tejen y después se cosen entre sí. Esta tela asante hecha de algodón y rayón o seda se fabricó a mediados del siglo XX. *(Cortesía del Museo de Arte de Indianápolis, en Newfields)*

Y había una diferencia crucial en la estructura del género. Todos los tejidos asante tenían efecto por urdimbre. Los ewe, en cambio, producían textiles tanto con efecto por trama como con efecto por urdimbre. Además, sus telas incorporaban a menudo figuras estilizadas —pájaros, peces, cocodrilos, flores, hojas, personas— tejidas como trama suplementaria. Contaban con la experiencia, en pocas palabras, de crear bloques alternos con efecto por trama y efecto por urdimbre.

Examinando los textiles que aún se conservan, las fotografías de los misioneros y el análisis lingüístico, la estudiosa de los textiles Malika Kraamer plantea un convincente argumento según el cual los tejedores ewe fueron en realidad los primeros en utilizar dos pares de lizos para producir los característicos bloques de la tela kente. Una vez concebida, sin embargo, la innovación no tardó en extenderse. En la periferia de sus territorios natales, las tejedoras asante y ewe trabajaban a veces codo con codo, favoreciendo el intercambio de ideas. Y el vigoroso comercio textil de los ewe llevó a otros rincones la nueva idea. Al detenerse a observar los bloques alternos de una tela ewe, cualquier inteligente tejedora asante podría haber imaginado la manera de hacerlos... o, al menos, podría haber empezado a formular las preguntas correctas.

Fuera cual fuese la mecánica, lo cierto es que a mediados del siglo XIX tanto las tejedoras ewe como las asante habían adoptado los bloques alternos, en cuyo diseño cada grupo dejaba su propio sello. Los ewe preferían tonalidades sobrias y motivos que los representaban. Los asante sentían una mayor predilección por las telas de colores vivos con diseños geométricos (símbolos de poder y prestigio que enseguida llamaban la atención).

Fueron estos diseños asante, popularizados por Kwame Nkrumah, el primer presidente de Ghana, los que llegarían a ser conocidos internacionalmente como tela kente, el «uniforme del panafricanismo» y emblema del orgullo africano en la diáspora. Nkrumah vistió el kente en su visita a los Estados Unidos en 1958, y la revista *Life* publicó las fotos del presidente y su séquito con el característico atuendo durante su reunión con el presidente Eisenhower y demás ceremonias oficiales. Cuando el sociólogo americano y líder de los derechos civiles W. E. B. Du Bois recibió un doctorado honorífico por la Universidad de Ghana cinco años después, llevó cosidas unas franjas kente en su toga académica. Otras luminarias afroamericanas (entre ellas, Adam Clayton Powell Jr., Thurgood Marshall y Maya Angelou) recogieron el testigo. En 1993, aquella práctica que en el pasado solo había pertenecido a la élite permeó entre los estudiantes universitarios cuando la Universidad de West Chester, en Pensilvania, celebró una

«ceremonia de graduación kente» para honrar a sus licenciados negros. Hoy, los graduados de cualquier nivel adoptan las estolas kente, a menudo con los años de promoción u otras letras tejidas en ellas.

«Cuando los estudiantes negros llevan estolas kente como señal del éxito en sus estudios y de su acceso a una educación superior, están transformando sus cuerpos en proverbios vivientes y sintientes», escribe el historiador James Padilioni Jr., licenciado por la Universidad de West Chester, que ahora trabaja en la facultad de Swarthmore. Dirigiéndose a los graduados, expresó el significado que hoy día tiene la tela:

> La tela kente que lleváis sobre los hombros es un testimonio de la vieja sabiduría de África y del «sueño y la esperanza del esclavo». Los asante estilizaban su ética y valores a través de la poética del kente. La genealogía de la diáspora del kente teje un motivo de conocimiento y de orgullo africano por todo el Pasaje del Medio y en los cuerpos atildados con la toga y el birrete de los graduados afroamericanos.

Hermoso, ingenioso, simbólico y característico, el kente conecta a los que lo visten en la diáspora con su tierra natal, real e imaginada, y con su yo ideal. «Cuando me pongo una tela kente, la tela me dice que estoy en África. Que pertenezco a la realeza», dice un graduado de Nueva Jersey.[49]

A medida que se convertía en un fenómeno global, la tela kente fue adoptando usos y formas que sus creadores nunca imaginaron. «El kente ha sido uno de los primeros tejidos que se han transformado en sinónimo de prenda afrocéntrica», decía un importador de Manhattan en el *New York Times,* en 1992, cuando los motivos kente gozaban de un renovado interés entre los afroamericanos. Cuidado con las falsificaciones, advertía a los consumidores. «El tejido auténtico, al hacerse —explicaba el *Times*—, necesita que primero se blanquee la tela de algodón, y luego se estampan los diseños por ambas caras mientras la tela está todavía húmeda. Dado que se trata de un proceso relativamente costoso, los estampados falsos solo suelen teñirse en uno de los lados». Lo que no decía era que, en rigor, la tela kente auténtica en realidad no está estampada. Está tejida con hilos de color que se van uniendo en un motivo, el cual obedece a una planificación mucho más elaborada que la del estampado en algodón.[50]

En respuesta a la demanda turística, los tejedores kente producen ahora franjas que nunca habían sido concebidas para coserse entre sí en una tela más larga. Algunas hacen las veces de estolas o tapices, mientras que otras se recortan para confeccionar artículos tales como sombreros o bolsos. «Si puede hablarse de una "tradición" del kente, entonces esos artículos deben contar como parte de dicha tradición —escribe un historiador del arte—. Hay pocas "tradiciones" textiles en el planeta, por no decir ninguna, que tengan una historia tan dinámica. La verdad es que hay pocas "tradiciones" textiles en las que un centímetro cuadrado de tela cubra la superficie de un abalorio para convertirlo en un pendiente».[51]

Es posible que los pendientes kente o inspirados por el kente, las pajaritas y los pantalones de yoga consternen a los tradicionalistas, algunos de los cuales incluso desaprueban los tapices y los manteles. «El kente se tejía para vestirlo», afirma un estudioso y crítico social de Ghana, que condena dichas decoraciones para el hogar, a las que tilda de «culturalmente subversivas». Pero intentar fijar la forma y función de los textiles es tan fútil como insensato. Convertir la tela kente en ropa de cama no es más culturalmente subversivo que añadir seda extranjera para complacer al rey. Las tradiciones textiles cambian al estar vivas, reflejando las identidades y deseos de aquellos que usan la tela.[52]

Es primera hora de la tarde, y la mujer vestida de rojo parece que se dirige a casa tras haber pasado un día en el mercado de San Juan La Laguna, una ciudad a orillas del lago Atitlán, en Guatemala. Viste un conjunto tradicional, o *traje,* excepción hecha del teléfono móvil que lleva en su bien ceñida *faja,* ancha y tejida a mano. Atraída por el contraste entre lo viejo y lo nuevo, le pido a una amiga guatemalteca que le pregunte si le puedo hacer una foto. Algo se pierde en la traducción. Feliz de poder ayudar, la mujer saca el teléfono y lo esconde a su espalda. No, por favor, dile que quiero que el teléfono salga en la foto. Con orgullo, la mujer posa con él en la mano

izquierda. Sigue sin formar parte del atuendo. Bueno, qué le vamos a hacer...

Aunque el traje de la mujer incluye los componentes esenciales que indican que esta es maya, lo cierto es que no es tan tradicional como en un principio parece. La parte de arriba no es de algodón *huipil* hecho a mano, sino una blusa de fábrica, probablemente de poliéster, adornada con bordados confeccionados a máquina y estrás, menos caro y más práctico para el uso cotidiano que los densos rectángulos de algodón tejidos en un telar de cintura y cosidos entre sí. Su falda, o *corte,* constituye el componente fundamental del atuendo; en el habla de Guatemala, decir que «lleva corte» significa que una mujer es autóctona. Su falda, que se pone dándole unas cuantas vueltas alrededor del cuerpo y se asegura con la faja, parece provenir de un taller de suelo tradicional —una tecnología que introdujeron los españoles—, pero el tartán rojo y azul marino apunta más a moda que a costumbre. Su atuendo es tan actual como sus atildadas uñas y su teléfono móvil. Pero es indiscutible que sigue siendo maya.

En la arraigada narrativa romántica, el progreso material representa un pacto con el diablo: se tienen zapatos, agua corriente y vacunas a costa de belleza, identidad y significado; lo que es único se ve sustituido por la cultura global homogeneizada. Los trajes mayas ilustran un patrón diferente, y con probabilidad más común. Dejados a su antojo, los consumidores rara vez tratan la tradición y la modernidad como elecciones de todo o nada. Encuentran la manera de conservar su legado, incluyendo las manifestaciones materiales del sentido de pertenencia, al tiempo que satisfacen el deseo de la novedad y la expresión individual.[53]

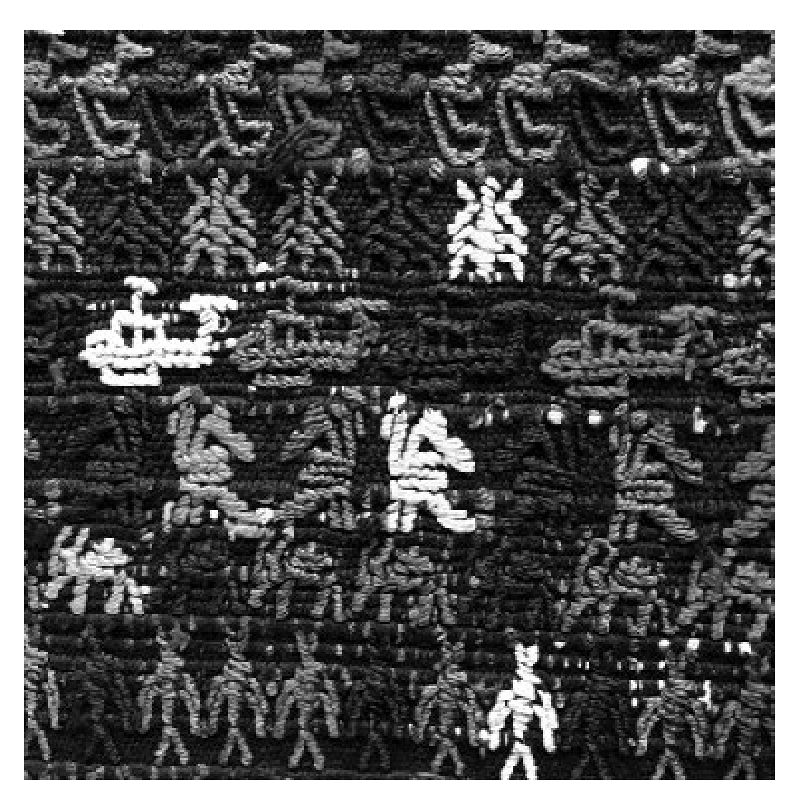
Frente a la visión nostálgica de las intemporales costumbres campesinas, los textiles guatemaltecos siempre han sido dinámicos. Muchos huipiles incorporan motivos de vivos colores con brocados en trama suplementaria, algunos geométricos, otros con figuras estilizadas de animales, plantas y personas. Los coloridos hilos que se utilizan para confeccionar los diseños provenían al principio de hilos chinos para el bordado de la seda —«Hay cinco generaciones de chinos en Guatemala», explica un coleccionista textil, Raymond Senuk— y, cuando el suministro se vio interrumpido a causa de la Segunda Guerra

Mundial, los tejedores adoptaron un algodón mercerizado de colores vivos.

Escogidos fila a fila con los dedos o con un palo acabado en punta similar a una aguja de calceta, los diseños abarcan desde la imaginería de los antiguos mayas a los inventos contemporáneos. En una tienda de Antigua que vende huipiles de segunda mano, compré uno que tenía hileras de burros, conejos, escorpiones, gallos, quetzales (el ave nacional), cestas, arañas, personas y (lo que ya me lo terminó de vender) ¡helicópteros! Cuando las tiendas comenzaron a estampar diseños en punto de cruz en el siglo XIX, los tejedores mayas adaptaron los diseños, inventando una nueva forma de brocado llamada «de marcador», en la que los hilos suplementarios envuelven la urdimbre, de manera que los dos lados del tejido son idénticos.

El rojo que predomina en muchos de los trajes que parecen más tradicionales —aquellos que se llevan en las ceremonias religiosas— en realidad se remonta tan solo a la introducción en el siglo XIX de los tintes de alizarina (rubia roja sintética) procedentes de Alemania. Aunque la rubia roja se cultiva en Guatemala, los autóctonos nunca han aprendido a usarla, y carecían de los mordientes necesarios para teñir el algodón con la célebre cochinilla de la región.

Sin dejar de lado la tejeduría con telares de cintura, los pueblos indígenas también adoptaron los telares de suelo europeos, cuyo uso les permitió producir género para faldas, delantales y pantalones. Inspirados quizá por los tejidos asiáticos, desarrollaron una nueva tradición de teñido llamada *jaspe*. Más conocido en otros lugares como *ikat,* el jaspe es una complicada técnica de *tie-dye* para la cual se deben atar los hilos sin teñir a fin de tapar un diseño que solo aparece cuando se teje la tela. (Es posible identificar un ikat por el aspecto un poco borroso de las figuras). Además, las telas confeccionadas hoy día en telares de suelo contienen a menudo hilos metálicos hechos con una fina cobertura de poliéster.



Detalle de un huipil guatemalteco cuyos diseños de la trama suplementaria incluyen helicópteros, junto con otros símbolos más tradicionales. (Foto de la autora)

Lejos de ser un arte a punto de desaparecer, dice Senuk, «en Guatemala se sigue tejiendo. Pero la tejeduría está cambiando de un modo dramático de verdad. En los últimos veinte años han ocurrido cosas terribles». Hasta hace unas décadas, era fácil identificar el pueblo de una mujer maya limitándose a mirar su ropa. Si bien cada tejedor creaba sus propios patrones, también trabajaba en el seno de unas reglas bien definidas, que afectaban a la confección, a los colores de fondo y a los motivos decorativos. Un huipil de San Juan La Laguna mostraría veinticuatro cuadrados bordados, dispuestos en cuatro filas de seis, debajo tendría un canesú decorado con zigzags, y todo estaría tejido sobre un fondo de rayas rojas dividido en dos piezas. Conjuntaría con un corte en blanco y negro.

Por el contrario, en el pueblo de Todos Santos Cuchumatán, en las tierras altas del norte, un huipil constaría de tres paneles cosidos, tejidos con rayas alternas de rojo y blanco. La sección central tendría motivos geométricos brocados en trama suplementaria, con un canesú adornado por una cinta en zigzag comprada en una tienda. Las franjas

serían más largas o más pequeñas y los motivos en brocado podrían variar, hasta abarcar en ocasiones otros paneles. Sin embargo, para un observador que conociese el percal, la blusa afirmaría a las claras que su portadora creció en Todos Santos. Cada pueblo tenía su propia (y característica) combinación de elementos.

Las cosas comenzaron a cambiar en la década de 1990, a medida que las mujeres empezaban a comprar y vender prendas en los mercados locales en lugar de hacerlas ellas mismas. «Había visto a una mujer en el mercado que yo sabía que era de San Antonio Aguas Calientes, y llevaba un huipil de la Alta Verapaz, de Cobán, y yo le dije: "¿Por qué?" —recuerda Senuk—. Y ella respondió: "Porque me gusta"». Aquel tanteo con los trajes de otros pueblos evolucionó en una nueva moda llamada «panmaya», que no era específica de ningún lugar en particular.

Hacia finales de siglo XX, las mujeres mayas inventaron el nuevo estilo que atrajo mi atención en la calle de San Juan La Laguna: el atuendo monocromo, con huipil, faja y falda —y a veces un delantal, una diadema y zapatos— con colores a juego. «La historia era que tenías un color base, digamos, turquesa —explica Senuk—. Pues ibas y cogías un huipil turquesa que estaba bordado a máquina con colores a juego. La falda era una falda ikat, pero que llevaba cintas turquesas. Y el cinturón era un cinto tejido al estilo de Totonicapán, pero turquesa. Ahora ibas o de turquesa o de rosa o de café o de morado, y podías elegir entre todo ello. Y eso no tenía significado alguno que indicase tu lugar de origen». La moda monocroma hace más fácil producir un atractivo atuendo que es a un tiempo maya e instagramable: #*chicasdecorte*.[54]

A finales de la década de 2000, quienes se habían hecho a las compras por internet esperaban encontrar en la red justo aquello que buscaban. En un artículo del año 2004, y en un libro posterior, el editor de *Wired,* Chris Anderson, acuñó el término *long tail*, o «larga cola», para describir dicho fenómeno, y afirmaba que

> nuestra cultura y nuestra economía están alejándose de manera progresiva del enfoque sobre un número un tanto reducido de éxitos (en lo tocante a los productos y mercados principales) que se encuentran en la cima de la curva de demanda, para desplazarse hacia un enorme número de nichos de mercado situados en la cola. En una época sin constricciones de espacio físico en las estanterías y otros cuellos de botella de la distribución, la criba de productos y servicios puede ser tan atractiva desde el punto de vista económico como la oferta convencional.[55]

De modo que, cuando la esposa de Stephen Fraser no consiguió encontrar el tejido recubierto de lunares amarillos que necesitaba para hacer unas cortinas, su marido, un «pirado de internet», se ofreció a buscarlo en la red. Volvió con las manos vacías; nadie vendía lo que su esposa tenía en mente. Bueno, se dijo Fraser, no hay problema. Tendrá que haber algún sitio web que haga estampados textiles bajo pedido, como era el caso de la empresa de autoedición en la que Fraser había sido ejecutivo de *marketing*. No hubo suerte.

Poco tardó Fraser en invitar a un café a su antiguo colega Gart Davis, también casado con una ferviente artesana, para discutir la posibilidad de ocupar ese nicho del mercado. Antes de fundar la empresa a la que llamarían Spoonflower, en 2008, Davis y Fraser acudieron a la escuela textil de la cercana Universidad Estatal de Carolina del Norte para echar un vistazo a su impresora digital de textiles. Les confortó comprobar que la máquina no les resultaba desconocida. «La miré y dije: "Pues es clavada a la impresora de inyección de tinta que tengo en mi mesa, lo único que es un poco más grande", recuerda David. "¿Qué puede tener de difícil?"». Lo tenía absolutamente todo de difícil.

Fraser y Davis descubrieron que los textiles eran bastante más intratables que el papel. Son muy blandos, e incluso lo que parece un rollo normal y corriente de tela da lugar a sutiles variaciones. «Casi tienes que acariciar el tejido. Todo resulta muy artesanal —dice Davis, mostrándome las impresoras originales de la empresa—. Cuesta lo suyo sacar cinco metros de una de estas bestias». En los primeros días, Spoonflower solo llegaba a estampar dos o tres metros de tela de algodón por hora. Pero había numerosos clientes deseosos de diseñar y confeccionar sus propios tejidos —y a los que no les importaba pagar

un extra por disfrutar de dicho privilegio—, gracias a lo cual la empresa pudo subsistir.

Con el tiempo mejoraron las técnicas de impresión digital textil, Facebook brindó un vehículo ideal de mercado, Spoonflower aumentó su surtido de textiles básicos y la compañía se convirtió en una empresa puntera en su pequeño reducto dentro del mundo de los textiles. A finales de 2019 contaba con más de doscientos empleados, repartidos entre Durham, Carolina del Norte y Berlín, y despachaban unas quinientas piezas de tela al día. Cada una de un promedio de en torno a un metro.

«Somos una empresa muy muy pequeña —reconoce Davis—, pero en internet nadie sabe lo grande que eres. Se tiene la idea de que Spoonflower es como un gigante, una especie de Facebook de los textiles».

A Jonna Hayden, Spoonflower le ha venido que ni caído del cielo. «Soy diseñadora de ropa en un pueblecito muy pequeño —dice—, con presupuestos que exigen la más puntillosa disciplina fiscal». Hace una década, mostrar sus creaciones era para Hayden algo abocado a compromisos frustrantes, dada la limitación de los recursos textiles de los que disponía, y no podía ni pensar en encargar materiales confeccionados a la medida de sus ideas. Ahora, Spoonflower le brinda unas posibilidades hasta la fecha solo reservadas a las grandes muestras de las grandes ciudades. «Puedo diseñar exactamente lo que quiero y subirlo a la página web, pedir un muestrario por cinco dólares y verlo la semana siguiente», dice, exultante, en un mensaje de Facebook.

> En la práctica, Spoonflower ha despojado de su estatus de gremio privado a los diseñadores y a la industria del tejido. Ya no dependo de lo que ellos decidan que van a ser las tendencias o los estampados o colores del año. Puedo hacer los míos, según mi gusto personal, y obtener el aspecto que quiero, no «parecido a» lo que quiero.

Hayden es justo la clase de cliente en la que Davis y Fraser pensaban cuando fundaron la empresa: alguien con una visión propia que diseña sus propios tejidos para su propio uso. Pero Hayden no es su cliente típica.

Podría decirse que el negocio despegó de verdad cuando

Spoonflower descubrió, más o menos por accidente, el viejo fenómeno económico de la especialización… y, con ello, un mercado mucho más amplio. Para promocionarse, el sitio web comenzó a patrocinar concursos semanales de diseño, desafiando a sus clientes a crear, por ejemplo, un estampado con gatos o algo para Halloween. Los clientes votaban a sus favoritos, los ganadores obtenían créditos que podían usar en el sitio web, y la compañía vendía pequeñas tiradas de los diseños ganadores a través del mercado *on-line* de Etsy. Los resultados de Etsy dejaron claro que el mundo estaba lleno de clientes potenciales que no eran diseñadores propiamente dichos, sino más bien artesanos que querían elegir entre muchas más cosas de las que podían encontrar en una típica tienda de género.

Una vez más, los consumidores de textiles sorprendieron a todos. «Pensé que quizá el 10 o el 20 por ciento de nuestro negocio se convertiría en un mercado de negocios (en un trato entre desconocidos)», dice Davis. Esa cifra alcanza ahora el 75 por ciento. Con más de un millón de diseños a la venta, Spoonflower está surtiendo el *long tail*, la larga cola.[56]

Pero también, mediante el uso de una tecnología de vanguardia, está resucitando algunas de las cualidades preindustriales de los textiles. Al sustituir la producción en cadena por tejidos confeccionados bajo pedido, Spoonflower permite a los consumidores definirse visualmente de un modo más preciso. El cliente puede encargar motivos con alfabeto cuneiforme babilónico, sumerio o (sí) alienígena, con runas nórdicas o caligrafía mongol, con el avemaría o el Shemá. El *chintz* prohibido siglos atrás en Francia viene en los azules y rojos de los estampados indios, en un rosa neón sobre negro que emocionaría a una costurera victoriana, con repeticiones *pop art* o con rosas de una calidad fotorrealista. Se pueden adquirir *toiles* estampadas con una escena bucólica tradicional o con imágenes extraídas de *Star Trek, Doctor Who,* Agatha Christie o *Legend of Zelda…,* o que homenajeen a la mujer en la ciencia, a las sufragistas o a los esclavos fugitivos.

«A lo que aspiro —dice Davis— es a que la gente conecte con su tribu, sea lo que sea lo que intente expresar, ya sea *steampunk* gótico con un toque un poco rojo o los glifos del lenguaje galés. Cualquiera debería poder expresarse en el idioma de su tribu». Una y otra vez, los

consumidores de textiles nos recuerdan que la tela es mucho más que un simple objeto. Es deseo e identidad, es estatus y comunidad, es experiencia y memoria encarnadas en una apariencia visual y táctil.

Capítulo siete

INNOVADORES

Las innovaciones y las mejoras de importancia para las prendas del mundo del mañana se encontrarán en los propios tejidos.

RAYMOND LOEWY, *Vogue,* 1 de febrero de 1939

Wallace Carothers no tenía la intención de crear una nueva fibra, por no hablar de una clase de material nueva por completo. Lo que pretendía era zanjar una disputa científica.

Amante de la música y lector insaciable, Carothers era sobre todo un químico entregado a su trabajo cuya motivación consistía en explorar las cuestiones fundamentales sobre la estructura de los materiales. En 1924, cuando aún estudiaba en la universidad, publicó un audaz artículo donde aplicaba el novedoso modelo atómico de Niels Bohr a las moléculas orgánicas. El artículo resultaba tan controvertido que los evaluadores no sabían si aceptarlo. Con el tiempo llegaría a ser considerado un clásico.[1]

Aunque devoto de la ciencia pura, con apenas talento para los negocios o interés en la ingeniería, a Carothers, sin embargo, empezó a cortejarlo la industria en 1927. La compañía química DuPont estaba creando un laboratorio de investigación básica, y quería que aquel profesor auxiliar de Harvard de treinta y un años dirigiese su sección de química orgánica. A Carothers le entusiasmó la iniciativa, pero, pese a que se le prometió un salario bastante más elevado, una buena plantilla y la libertad de investigar cualquier cosa que se le ocurriese, declinó la oferta. El entorno académico, dijo, se adaptaba mejor a su temperamento inquieto. «Sufro ataques neuróticos que limitan mis capacidades, lo que podría suponer un problema mucho más grave allí que aquí», escribió a quienes le ofrecieron el puesto.

DuPont insistió, y volvió unos meses después con un salario más alto. Esta vez, Carothers aceptó el trabajo. El salario, por bienvenido que fuera para aquel joven sempiternamente corto de dinero, no fue lo que le hizo cambiar de opinión. En el ínterin había descubierto un intrigante problema científico que, creía, serviría para complementar el interés comercial que animaba a su nuevo jefe: ¿qué eran, para ser exactos, los polímeros?

Al responder a esta pregunta, Carothers haría algo más que satisfacer su curiosidad química. Iba a poner en marcha la mayor revolución de los materiales jamás vista desde el desarrollo de la cerámica y la metalurgia. Su investigación ejemplifica lo que el historiador económico Joel Mokyr, al escribir sobre uno de los primeros periodos del progreso tecnológico, llama la Ilustración Industrial. La ciencia pura y las artes prácticas tienden a lograr los mayores avances —y más probabilidades tienen de alterar las texturas de la vida cotidiana— cuando existe un intercambio entre ellas. La interacción ofrece a los investigadores básicos nuevas herramientas que emplear y nuevas preguntas que formular, mientras que a artesanos, ingenieros y empresarios les sirve de guía para que sepan adónde deben dirigir su atención. «Sin la contundente visión de DuPont y el constante contacto que mantuvo con él a finales del otoño de 1927 —observa un historiador de la ciencia—, es posible que el joven químico de Harvard nunca hubiera prestado atención a los polímeros, ni pensado en un nuevo programa de investigación».[2]

A lo largo de la historia, el deseo de tener más y mejores telas ha impulsado la innovación tecnológica: la de los hilos de seda híbridos y la del punto digital, la de las correas de transmisión y la de las letras de cambio. La pura omnipresencia de los textiles —y el dinero que se puede hacer al producirlos y venderlos— amplifica su influencia. Despiertan la imaginación de científicos e inventores, de inversores y empresarios, de mercenarios e idealistas. Si cambias los textiles, cambias el mundo.

A finales de la década de 1920, los químicos orgánicos entendieron que

los componentes de sustancias naturales comunes como proteínas, celulosa, goma y almidón —incluyendo todas las fibras biológicas— eran de un tamaño mucho mayor que las simples moléculas con las que se había fundado su ciencia. Más allá de eso, los polímeros eran un misterio. La mayoría de los químicos creían que esos extraños materiales no eran, en realidad, compuestos sencillos, sino cúmulos de moléculas más pequeñas que se mantenían unidas por alguna fuerza todavía desconocida.

Hermann Staudinger difería de esa opinión. El químico alemán argumentaba que los polímeros eran verdaderas macromoléculas, miles de veces más grandes que aquellas con las que los químicos estaban acostumbrados a trabajar. Cuando presentó su teoría en un encuentro en 1926, los químicos orgánicos allí reunidos se mostraron perplejos. «Esto nos desconcierta tanto como desconcertaría a un zoólogo que alguien le dijese que en algún lugar de África se ha descubierto un elefante de 450 metros de largo y 90 metros de alto», dijo uno de ellos. Tampoco ayudaba que Staudinger tuviera pocas pruebas empíricas para respaldar sus afirmaciones.[3]

Creyendo que Staudinger estaba en lo cierto, Carothers se dispuso a encontrar la prueba que faltaba. El primer paso consistió en crear macromoléculas más grandes que cualquiera previamente sintetizada, usando ácidos y alcoholes para formar los compuestos conocidos como ésteres. Al repetir las reacciones una vez tras otra, el equipo de DuPont llegó a construir unas cadenas muy largas: eran los primeros poliésteres, aunque no se trataba del compuesto específico que hoy conocemos por ese nombre. El tamaño de las nuevas moléculas rompió todos los registros, pero el equipo aún no pudo alcanzar un peso molecular de 6.000, mucho menor que los que se les conocía a numerosas sustancias biológicas. Quizá Staudinger, después de todo, estaba equivocado.

Carothers, entonces, tuvo una idea. Además de los poliésteres, las reacciones producían agua. Quizá los componentes del agua estaban enlazando con partes de las cadenas de poliésteres, dividiéndolas para recrear ácidos y alcoholes. Tenían que librarse hasta de la menor gota de agua.

Carothers añadió a su equipo una nueva y depurada herramienta

conocida como alambique molecular. Por medio de esta, el suplente de Carothers, Julian Hill, consiguió extraer lentamente el agua, hirviéndola en vacío y atrapándola a medida que se iba congelando y convirtiéndose en un condensador frío. El proceso se prolongó varios días, pero al final Hill obtuvo un polímero firme y flexible que seguía mostrándose viscoso en extremo al fundirlo, lo que indicaba un elevado peso molecular. Lo tocó con una férula de cristal y tuvo un resultado inesperado. «Ahí tenía una buena guirnalda de fibras», recordaría más tarde.

Carothers no estaba allí para celebrar el «momento eureka» que tuvo lugar cuando Hill y otros investigadores comenzaron a extraer filamentos, dando vueltas por los pasillos del laboratorio mientras probaban —y celebraban— el nuevo material. Aquellos hilos se parecían mucho a la seda: eran lustrosos, suaves, maleables y resistentes. Con un peso molecular de más de 12.000, la nueva sustancia contenía una larga cadena de ésteres que se mantenían unidos por los enlaces químicos ordinarios. Carothers y su equipo habían demostrado la teoría de Staudinger.

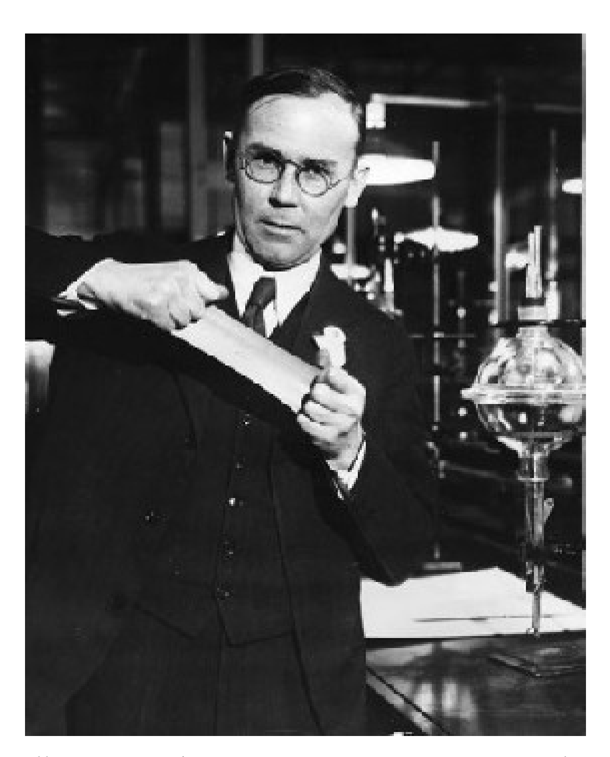
En junio de 1931, Carothers publicó un artículo absolutamente clarificador titulado «Polimerización», a secas, donde se demostraba que los polímeros eran moléculas normales de una longitud extraordinaria y, en teoría, ilimitada. Carothers detallaba las técnicas para sintetizar las macromoléculas y desarrolló un vocabulario para describir sus características. Con esta única publicación, Carothers, a sus treinta y cinco años, había establecido un nuevo campo: la ciencia de polímeros. «Después de aquel artículo —dijo Carl Marvel, destacado colega e investigador—, el misterio de la química de polímeros quedó bastante aclarado, y eso posibilitó que gente con un menor talento pudiera hacer buenas contribuciones al campo».[4]

En la conferencia anual de la Sociedad Química Americana de septiembre de aquel mismo año, Carothers y Hill anunciaron la primera fibra completamente sintética del mundo. El *New York Times* saludó la «seda sintética» como «un nuevo hito en el progreso de la química».[5]

Su valor inmediato tuvo tanto un cariz científico como motivacional, pero no comercial. El poliéster se fundía a una temperatura demasiado

baja como para que resultara práctico en los textiles. Los esfuerzos por crear un polímero más duradero empleando amidas en lugar de ésteres no sirvieron de nada. Carothers se dedicó a otros asuntos.

Pero la depresión económica, cada vez más profunda, comenzaba a limitar su libertad. DuPont necesitaba que la inversión realizada en las investigaciones diera un rédito financiero, y el jefe de Carothers pensaba que aquellas fibras podían ser justo lo que necesitaban. «Wallace, con que solo obtuvieras algo con mejores propiedades, que tuviera un punto de fusión más alto, que fuera insoluble y que ofreciera resistencia a la tensión, es posible que lográramos un nuevo tipo de fibra —le dijo a su científico estrella—. Échale un vistazo y mira si puedes dar con algo. Al fin y al cabo, estás tratando con poliamidas, y la lana es una poliamida».[6]



El inventor del nailon, Wallace Carothers, muestra su primer gran descubrimiento, el neopreno, una goma sintética. (Museo y Biblioteca Hagley)

Y así, a principios de 1934, Carothers abandonó su adorada investigación pura y se dispuso a hacer una poliamida que tolerase el agua caliente y los líquidos de la limpieza en seco. Tras unos meses de pruebas sistemáticas, el laboratorio obtuvo su primer éxito: un

filamento similar a la seda que resistía ambas cosas. Mediante otros nuevos experimentos se halló el modo de sintetizarlo usando benceno, un abundante derivado del carbón, lo que hacía que la nueva fibra resultara asequible. A finales de 1935, el primer hilo de nailon estaba listo para las pruebas.[7]

Tres años después llegó a los mercados: no como un textil, sino en el cepillo de dientes del Dr. West, el «penacho milagroso», anunciado como «un cepillo de dientes sin cerdas». Con sus filamentos artificiales, limpios, blancos, uniformes y nada porosos, el nuevo cepillo de dientes prometía «acabar con los problemas derivados de las cerdas animales para siempre». Ya no se partirían, ni se esponjarían, y tampoco se romperían en la boca. Al presentar la nueva fibra milagrosa al público, los ejecutivos de DuPont describieron el nailon como algo hecho de «carbón, aire y agua». Uno de sus primeros usos, y de los principales, dijeron, serían las medias de mujer.

La gran revelación llegó en la Feria Mundial de Nueva York de 1939, donde el pabellón de DuPont exhibía a una modelo vestida con medias de nailon. Cuando aparecieron a la venta los primeros cuatro mil pares el mes de octubre de aquel año, estos se vendieron de inmediato, y en dos años el nailon constituía ya el 30 por ciento del mercado de medias de mujer. Al haber promocionado el nailon como un tejido más resistente a los enganchones que la seda, la compañía tuvo que salir enseguida a la palestra para sofocar las expectativas del público, que esperaba que las nuevas medias nunca tendrían carreras. Incluso las fibras milagrosas tenían sus límites.[8]

La Segunda Guerra Mundial reservó de forma temporal el nailon de los productos de consumo a los paracaídas, las sogas de arrastre, los refuerzos de neumáticos, las mosquiteras y las chaquetas *flak*. Cuando los paracaidistas aliados saltaron al vacío para emprender la invasión de Normandía, los paracaídas que desenrollaron estaban hechos de nailon. Alguien, tal vez un astuto relaciones públicas de DuPont, llamó a aquel nuevo tejido sintético «la fibra que ganó la guerra».[9]

El nailon fue solo el comienzo. El químico británico Rex Whinfield llevaba mucho tiempo soñando con descubrir una fibra sintética, y retomó de manera reiterada el problema desde principios de 1923.

Cuando Carothers publicó sus resultados, Whinfield supo que había encontrado la clave.

En 1940, él y su ayudante James Dickson comenzaron a sintetizar su propio éster. Emplearon como ingrediente el ácido tereftálico, que era «menos conocido y hacía mucho tiempo que no se utilizaba», siguiendo la teoría de que su mayor simetría molecular produciría mejores resultados que los experimentos con poliéster de Carothers. A principios del año siguiente extrajeron las primeras fibras de un «polímero muy descolorido» que Whinfield llamó Terileno. Su nombre químico es tereftalato de polietileno, pero hoy día lo solemos llamar simplemente poliéster. Es la principal fibra textil del mundo, con ventas que superan incluso las del algodón.[10]

Carothers no vivió para ver el éxito del nailon o la onda expansiva de su trabajo, que cambió el mundo. El 29 de abril de 1937, la depresión que lo había acompañado a lo largo de su vida se le hizo del todo insoportable. A primeras horas de la mañana tomó una habitación de un hotel, sacó la cápsula de cianuro que había llevado consigo desde la universidad, mezcló el veneno en un vaso de zumo de limón y se suicidó. Tenía cuarenta y un años.[11]

En una carrera en el mundo de la investigación que solo abarcó trece años, Carothers revolucionó la química orgánica y transformó la textura de la vida diaria. Sus contemporáneos reconocieron de inmediato el significado de aquel logro.

Inspirándose en la Feria Mundial de Nueva York, que estaba a punto de inaugurarse, la revista *Vogue* pidió en febrero de 1939 a nueve diseñadores industriales que imaginasen lo que la gente «del futuro lejano» vestiría, y por qué. Se pueden ver algunos de los bosquejos de la revista en la red: un traje de noche con un top de malla transparente y las doradas espirales de unas trenzas colocadas de modo estratégico, por ejemplo, o un abolsado mono de hombre con un cinturón de herramientas y una antena en halo. Las redes sociales redescubren de forma periódica un breve corte de noticias inglés donde aparecen unas modelos vestidas con dichos atuendos, mientras un amanerado narrador («¡Qué súper!») hace chistes forzados. Nada como un atuendo absurdo para arrancarle a uno una risita de autosatisfacción. ¡Qué tarugos fueron aquellos oráculos![12]

La ridiculización es injusta. Al mostrar de manera premonitoria los interiores climatizados, una mayor desnudez, una mayor inclinación por el deporte, los viajes y las prendas sencillas, lo cierto es que los diseñadores dieron en el clavo con un montón de tendencias. Además, los bosquejos no revelan qué es lo que de verdad hacía que aquellas modas anticipadas resultaran futuristas. No basta con mirar las imágenes para detectar el rasgo tecnológico más destacado: los nuevos tejidos. Todos los diseñadores hablaban de adelantos textiles. Sabían que había comenzado una nueva ola de adelantos y anticipaban otros muchos por llegar. Como había sucedido con los tintes, las fibras del siglo XX no le serían arrebatadas a la naturaleza viva, sino que serían diseñadas en laboratorios. Una vez más, se harían enormes fortunas. Una vez más, cambiarían las texturas de la vida diaria.

Durante las siguientes décadas, los textiles volvieron a jugar un papel destacado en el progreso industrial y científico. Eran alta tecnología, que inspiró modas y diseños de interior propios de la era espacial. Liberaron a las mujeres de la pesadez de las tareas domésticas. «Cortinas que podían escurrirse, uniformes que nunca necesitaban un planchado y jerséis que podían lavarse sin que encogieran: todo ello reducía la carga de las tareas del hogar», observa un historiador empresarial. Cuando, en la década de 1970, multitud de mujeres americanas pasaron a formar parte de la población laboral, llegaron vestidas en trajes de chaqueta y pantalón de poliéster, fáciles de tratar y lavar. En la década de 1980, sin embargo, las actitudes habían cambiado. Las fibras sintéticas ya no eran una novedad, y habían pasado de moda por completo. «Pobrecito poliéster —empezaba un artículo en el *Wall Street Journal*—. La gente la ha tomado con él».[13]



Los compradores americanos se arremolinaban para adquirir medias de nailon el primer día en que fueron puestas a la venta en toda la nación. (Museo y Biblioteca Hagley)

Durante las décadas siguientes mejoraron los tejidos sintéticos: eran más suaves, transpiraban mejor y eran menos propensos a los enganchones o a formar bolas, y tenían un aspecto tan variado como su tacto. Hoy, una gabardina último modelo, una camisa de etiqueta o unas mallas sorprenderían a alguien que se viera teletransportado desde 1939, o incluso desde 1979, pero hoy día lo único que esperamos de una prenda es que nos sirva. Las progresivas innovaciones que reducen las arrugas, que hacen que las capuchas transpiren o que alargan la vida de los cojines tapizados resultan invisibles. Las absorbentes camisetas y pantalones elásticos de yoga no atraen la atención de la manera en que lo hicieron las medias de nailon. El propio éxito de las novedades textiles oscurece sus logros.

Kyle Blakely y su compañero de piso estaban hambrientos. Aquellos estudiantes de primer año de la Universidad Estatal de Carolina del Norte se habían saltado el desayuno para asistir a una feria universitaria que tenía lugar a primeras horas de la mañana, una feria en la que escucharon las explicaciones de los profesores de ingeniería y de empresariales acerca de por qué los estudiantes debían elegir esas especializaciones. No lograron convencer a los dos amigos. La ingeniería resultaba intimidatoria —¡ecuaciones diferenciales!— y empresariales se antojaba demasiado popular. No querían ser uno más en la multitud. Pasaban las nueve de la mañana, y seguían tan indecisos como al levantarse.

La universidad los obligaba a escuchar los discursitos procedentes de tres facultades distintas. Dado que el estómago les rugía y no tenían un claro candidato para la tercera sesión, los dos amigos hicieron lo más lógico. Fueron en busca de comida gratis.

«Era un salón grandísimo, y asomamos la cabeza por todas las habitaciones para ver en qué facultad quedaban aún sobras del desayuno», dice Blakely, ahora vicepresidente de novedades materiales del fabricante de ropa deportiva Under Armour. Los solitarios muchachos de la Facultad de Textiles aún tenían montones de dónuts y zumo de naranja. Los dos compañeros de piso no sabían nada de textiles, pero les alegró intercambiar atención por sustento.

Cuarenta y cinco minutos después estaban convencidos del todo. El currículum textil incluía tanto ingeniería como negocios, y ofrecía una clara aplicación de lo que habían aprendido los dos estudiantes. La facultad era pequeña y, recuerda Blakely, «la tasa de estudiantes que salían con trabajo asegurado era una locura (algo así como el 98 por ciento)». Aquella impresionante estadística refleja la calidad de la escuela, considerada de manera general como el mejor programa de textiles de todo el país. Pero es también un indicativo de la escasez de talentos. Los textiles tienen un problema de imagen.

En el improbable caso de que les interese la industria textil, los ambiciosos jóvenes americanos asumen que se trata de un páramo intelectual estancado donde la innovación se detuvo décadas antes de que ellos mismos hubieran nacido. No esperan encontrarse un trabajo interesante en un lugar lleno de vida, y las viejas fábricas americanas no

es que inspiren gran cosa. Muchas se encuentran en zonas rurales y, afirma Blakely, cuando acudes a visitarlas, «es como viajar en el tiempo. No hay más que paneles de madera. Da miedo. ¿Quién querría meterse ahí? Todo el mundo quiere estar en entornos del tipo de Google o Apple».

Entornos, en pocas palabras, como este donde Blakely trabaja. El campus de Under Armour de Baltimore, un viejo complejo de fábricas de Procter & Gamble reformado, cuenta con amplios espacios luminosos y un cierto aire industrial que basta para transmitir una idea de autenticidad y patrimonio. Los espacios para el asueto de los empleados, como un gimnasio a la última y una cafetería que haría las delicias de un sibarita, encontrarían un perfecto acomodo en Silicon Valley... si las compañías tecnológicas estuvieran llenas de deportistas. (¿Tiene Apple una sala de entrenamiento para boxeadores?). Los equipadísimos laboratorios albergan desde máquinas de punto en 3D controladas por ordenador hasta el «Torso Tom», un muñeco de pruebas que más que a una persona se asemeja a un misil colocado en vertical, y que emite chorros de vapor para simular el sudor. El lugar, con sus fotografías deportivas a tamaño real alineadas por los pasillos, es un santuario de los logros atléticos... y los de la innovación. «Aún no hemos hecho el producto que nos defina», afirma un eslogan en la pared.

Hoy, los mayores usuarios de textiles no son las viejas cortes de antaño, ni, para el caso, las casas de costura o los fascinados por las modas. Son atletas de élite y aventureros de exteriores, soldados y especialistas en primeros auxilios. Under Armour y rivales suyos como Nike compiten de manera incansable por encontrar nuevas maneras de satisfacer las interminables exigencias de sus principales clientes para mejorar el rendimiento.

Under Armour arrancó en 1996, cuando su fundador Kevin Plank, un jugador de fútbol americano de la Universidad de Maryland, decidió hacer camisetas con el mismo tejido de microfibras, ceñido y sedoso, de sus pantalones de compresión. Al contrario que su camiseta de algodón, que se empapaba con el sudor, los pantalones se mantenían secos durante la práctica del deporte. Los finos filamentos del tejido de poliéster, cuyo grosor es una décima parte del diámetro de un cabello

humano, expulsan el agua, lo que permite que se evapore con rapidez. Si bien al principio a otros jugadores no les convencía sustituir sus camisetas de algodón deportivas por «el *spandex* de las chicas», no tardaron en aceptar aquel nuevo material en cuanto se dieron cuenta de que los mantenía más secos. (El hecho de que las camisetas ceñidas hicieran destacar sus esculpidos físicos también contribuyó a que aumentaran las ventas). «Nosotros no inventamos los sintéticos —dice Plank—, pero sí inventamos esta forma de aplicarlos».[14]

Si algo permitió su visión empresarial fueron las décadas de pequeñas mejoras que crearon, en primer lugar, las microfibras. «No era una tecnología en particular, sino muchas —explica un químico textil—. Algunas suponían un cambio de la forma de las fibras, en otras intervenía la utilización de tratamientos químicos para reducir su tamaño, mientras que otras dependían de las tecnologías de extrusión de nuevas fibras, en las que estas tienen más de un componente polímero».[15]

Las microfibras, suaves y de rápido secado, redimieron el poliéster, cuya imagen tan vapuleada estaba. Los tejidos se volvieron tan corrientes que hoy a los ecologistas les inquieta lo que sucede cuando, al lavarse la ropa, las pequeñas fibras se rompen y entran en el sistema de canalización de aguas. (El laboratorio de pruebas de Under Armour ha desarrollado un filtro para sus lavadoras que sirve tanto para medir como para controlar el problema). Una de las fronteras de la investigación actual radica en encontrar alternativas que satisfagan a todo el mundo, como la seda confeccionada con bioingeniería que hemos visto en el primer capítulo. Sostenibilidad se ha convertido en una consigna entre los científicos textiles.

Blakely no solo trata de mejorar los materiales de Under Armour, sino que también está cada vez más centrado en las primeras etapas del proceso de manufactura. Un pronto comienzo permite muchas más formas de añadir detalles. Por ejemplo, para desarrollar un tejido refrigerante la compañía trabajó junto a un proveedor asiático para desarrollar un hilo cuya sección cruzada maximizara su área de superficie. Se bañó después el material con dióxido de titanio, cuya presencia permite que la gente que hace ejercicio en entornos cálidos y húmedos sienta más fresco.[16]

Under Armour está también rediseñando la forma de los hilos con la esperanza de desarrollar nuevos materiales que repelan el agua. Para mantener secos a quienes visten sus prendas, la industria ha aplicado tradicionalmente unos mantos conocidos como repelentes duraderos de agua (DWR, por sus siglas en inglés) en ropas y complementos. Pero esos mantos dependían de unos químicos llamados fluoropolímeros, que han recibido numerosas críticas por resultar nocivos para el medio ambiente.[17]

Los consumidores que se preocupan por el ecosistema quieren alternativas. Pero lo que no quieren es estar húmedos, ni tampoco que sus chaquetas sean más pesadas, menos flexibles o más caras. La alternativa del manto químico, en pocas palabras, no funciona. De manera que Under Armour está probando una barrera física. «Queremos desarrollar unos hilos que al entrar en contacto con el hilo de al lado se sellen en una sección cruzada —explica Blakel— para así crear una especie de punto muerto que el agua no pueda cruzar mecánicamente. Y luego, como mero apoyo, un acabado que no provenga de los fluoropolímeros».

La búsqueda de soluciones semejantes puede no ser tan llamativa como lanzar una nueva aplicación, pero se trata sin duda de una innovación... que resulta todavía más desafiante para un negocio intensamente competitivo que no disfruta de los márgenes de beneficio del estilo de Google. «Lo que quiero ver en los textiles es que se reconozca que la industria es progresista —dice Blakely—. Es genuina».[18]

Aparte de los desarrollos para mejorar de modo consistente los textiles de uso cotidiano, también se están llevando a cabo otros experimentos no menos audaces. En una época en la que el *hardware* se vuelve sin cesar cada vez más pequeño, la nanotecnología manipula los átomos por separado, la bioingeniería es, al mismo tiempo, una frontera científica y un modelo para comprender los nuevos materiales, y las preocupaciones medioambientales son un imperativo cultural, las pequeñas fibras que reinventan buena parte de nuestro mundo ofrecen un atractivo campo de juego para los científicos ambiciosos. La mayoría de sus investigaciones nunca pasará de las páginas de revistas ignotas. Algunas solo encontrarán aplicaciones en algún nicho de

mercado. Otras inspirarán adaptaciones para un uso mucho más extenso. Otras —unas pocas— darán una nueva forma al tejido de nuestras vidas.

Al igual que los diseñadores encuestados por *Vogue* en 1939, nosotros solo podemos echar una neblinosa mirada hacia el futuro. Pero basta dar un breve paseo por las investigaciones actuales, limitadas por razones prácticas a los Estados Unidos, para ver algunas señales de lo que podría ser el futuro de los textiles. También para observar que se manifiesta un cambio en la relación entre ciencia pura y práctica industrial. Mientras que en anteriores periodos veíamos que la investigación de los textiles se propagaba por otros campos —la producción de tintes inspiró desarrollos químicos, y las fibras de polímeros dieron lugar a la química de plásticos y proteínas—, ahora los intercambios suceden a menudo en la dirección opuesta. Los investigadores emprenden su labor en otros campos y, al darse cuenta de la omnipresencia y la importancia de las telas, comienzan a aplicar su trabajo a los textiles.

Alternándose en alturas que oscilan entre unos pocos centímetros y más de treinta, estos objetos cristalinos bien podrían ser la miniatura de unos chapiteles que despuntasen en el diorama *art déco* de una ciudad futurista. A medida que se van alzando desde unas bases de color claro engastadas rayas grises y blancas, sus lados cuadrados se van curvando con suavidad hacia dentro por las esquinas, hasta que las franjas, paralelas en el fondo, se unen y estrechan hacia un largo y oscuro punto.

Los chapiteles son los sorprendentes *souvenirs* de un proceso de manufactura cuyo resultado no puede parecer más prosaico: un delgado filamento enrollado en torno a unas bobinas plásticas. Parece algo que podría encontrarse en una ferretería o una tienda de artesanía. Nada especial.

La fibra, sostiene Yoel Fink, augura una revolución de los tejidos. Fink, profesor de Ciencias de los Materiales en el MIT, fue también fundador de la Advanced Functional Fibers of America (Fibras

Funcionales Avanzadas de América, AFFOA por sus siglas en inglés), un consorcio industrial sin ánimo de lucro. Entre sus 137 miembros se cuentan universidades, agencias espaciales y de defensa federal, y varias compañías entre las que se cuentan tanto empresas emergentes como multinacionales. En un pequeño edificio industrial en el campus del MIT, AFFOA realiza sus propios experimentos y pruebas. También coordina una red de miembros que han aceptado llevar a cabo el desarrollo de prototipos.

Al contrario de lo que sucede con los típicos investigadores de universidad, los afiliados de AFFOA piensan de manera sistemática, no solo en la próxima cuestión científica de interés, sino también en el siguiente paso que dar para transformar su trabajo en un auténtico producto textil. La red proporciona acceso a diseñadores de productos, a fábricas de hilado y tejido, y a plantas de montaje que convierten los avances de la ciencia de los materiales en prototipos... y, en algunos casos, inventan sus propias aplicaciones.

Al tender un puente entre investigación e industria, Fink se propuso crear textiles cuyas capacidades y continuas mejoras emulasen las de los portátiles o los teléfonos móviles. Quiere «trasladar ese mundo en rápida evolución de los dispositivos semiconductores al mundo de las fibras, de evolución mucho más lenta». No está hablando de forma metafórica de la cultura industrial. Se refiere a introducir chips, baterías de litio y otros productos electrónicos esenciales dentro de las fibras. Y no es que se refiera a que las fibras los envuelvan o estén conectados a ellas, sino a que sean una parte integrante, impermeable y permanentemente suyas.



Fibras que contienen componentes electrónicos y los restos de las preformas (piezas semitrabajadas) a partir de las cuales se hicieron tales fibras, en la Advanced Functional Fibers of America (Fibras Funcionales Avanzadas de América, AFFOA por sus siglas en inglés). (Fotografía de Greg Hren para AFFOA)

Los filamentos bobinados no son tan corrientes como parece. Contienen lo que Fink, con un provincianismo típico del siglo XXI, llama «los tres ingredientes fundamentales de la tecnología moderna, que son los metales, los aislantes y los semiconductores». En nuestros días, «tecnología» no quiere decir máquinas, productos químicos o muchas otras formas de *techne.* Quiere decir *software* y chips.

Los chapiteles, de hecho, están bocabajo. Empezaron siendo unas varillas que recibían el nombre de «preformas» (piezas semitrabajadas), cada una de unos sesenta centímetros. Para crear un filamento se introduce una preforma en la parte superior de un aparato de dos alturas llamado «torre de estirado», que contiene un pequeño horno. A medida que la varilla pasa por el horno se procede a tirar de ella hasta conformar un hilo tan delgado como un cabello humano, que alarga la longitud del material hasta diez mil veces la longitud original. Esa aguja de cristal es el nudo que queda cuando se corta la fibra para retirarla de la base de la preforma. No es más que una sobra, un bonito

residuo. Pero es lo bastante grande como para que los visitantes la miren y toqueteen. La verdadera acción sucede en una dimensión tan reducida que no es posible observarla a simple vista.

Las preformas y las torres de estirado son tecnologías muy asentadas que se usan para crear fibras ópticas como las que trasladan la mayor parte de la información de internet. La primera vez que Fink trabajó con ellas fue hace dos décadas, cuando acababa de doctorarse y buscaba crear fibras de núcleo hueco alineadas con espejos especiales para trasladar luz láser. Aquel invento, basado en su tesis doctoral, fue el origen de una compañía llamada OmniGuide, que fabrica escalpelos láser capaces de cortar y cauterizar tejidos con una precisión medible en micrones.[19]

Bob D'Amelio, director de operaciones de manufactura en AFFOA, pasó casi trece años trabajando en OmniGuide. Menos de un año después de marcharse a otra empresa se vio de nuevo atraído al redil de Fink. Entusiasta del este de Boston, de donde es, con ese acento que se caracteriza por las erres arrastradas y una camiseta roja de Harley-Davidson, D'Amelio me guía a lo largo del proceso que hace que las fibras de AFFOA sean tan especiales, poniéndome como ejemplo una fibra que lleva diodos emisores de luz, o LED.

Cada preforma es en sí misma un objeto manufacturado con suma precisión. En primer lugar, se corta de un termoplástico, en este caso policarbonato, una barra de algo más de medio metro de largo y de entre tres y cinco centímetros de ancho. (La sustancia específica varía en función del proyecto. Lo esencial es que la viscosidad vaya cambiando todo el tiempo según la temperatura). Después se fresan dos estrechos canales a todo lo largo, se inserta un marcador de posición conocido como moldeador de alambre en cada ranura, se coloca una lámina más fina de policarbonato en la parte superior y se funden la parte inferior y la superior en una prensa caliente. El resultado es una barra sólida con unos moldeadores de alambre que sobresalen por el extremo.

El siguiente paso consiste en perforar una línea de cientos de agujeros sueltos, cada uno de un tamaño tan reducido que apenas resulte visible, en la lámina fundida de la parte superior de la barra. Usando unas pinzas y un microscopio, un técnico coloca un microchip

en cada diminuto agujero. (Una máquina podría hacer igualmente este trabajo, pero AFFOA no produce aún lo suficiente como para justificar dicho gasto). En cuanto están colocados los chips, se pone otra lámina en la parte superior. Al final, se toma una segunda barra fresada con un único canal y un moldeador de alambre ya insertado y se coloca en la parte superior. Se prensa entonces todo ello al calor, luego se retiran los marcadores de posición y se le introducen unos cables fijos en las ranuras. La preforma está lista para pasar a la torre de estirado.

A medida que el material se va estirando hasta conformar un filamento, D'Amelio dice: «Es un poco en plan, cariño, he encogido la preforma». Cada componente permanece en el lugar que ocupaba con relación a los otros mientras el material de alrededor se va haciendo más pequeño. Al final, la fibra es tan estrecha que los cables tocan los chips, creando así una conexión que permite el paso de la corriente eléctrica.

Para que todo esté en su lugar correcto se necesita la máxima precisión. «Esos cables tienen que tocar perfectamente los *pads* de los chips —dice D'Amelio—. En un sentido literal, lo que hacemos es soldar conexiones dentro de ese horno». Los materiales y las temperaturas también tienen que ser absolutamente precisas para que el termoplástico se funda lo suficiente y, a su vez, los componentes electrónicos no se vean dañados.

Existen variaciones del mismo procedimiento que permiten incrustar filamentos con baterías de litio, sensores o micrófonos. Pueden crear fibras cuyas tonalidades no provengan de los tintes o de los pigmentos, sino de la manera en que filtran la luz, como sucede con los colores de las plumas. D'Amelio, que no deja de maravillarse de su propio lugar de trabajo, llama a este proceso «una cosa de ciencia ficción».

El propósito es hacer que la tecnología se funda con los textiles corrientes, para darles a las prendas de uso cotidiano la capacidad de sentir, comunicar, medir, registrar y responder. «No usamos el término "portables" —dice Fink, cuando sin querer lo he dejado caer—. Esa palabra se inventó para nombrar las cosas que no llevas puestas. A las cosas que llevas puestas las llamas ropa». Fink quiere convertir los

textiles en plataformas que despierten la imaginación de incontables inventores, tal y como los teléfonos móviles condujeron a inesperadas aplicaciones.

Las fibras de AFFOA no servirían para sustituir los hilos normales, sino que actuarían a la par que ellos, añadiéndoles nuevas capacidades a las telas hechas de punto o tejido. Podrían permitirnos introducir el teléfono en el bolsillo para cargarlo desde una batería de fibra invisible o aceptar las llamadas a través de auriculares y micrófonos microscópicos integrados al cuello de la chaqueta. Una gorra podría indicarnos una dirección concreta mientras nuestra ropa interior monitoriza continuamente nuestra salud. Entre los prototipos que se exponen hay un par de pantalones entallados que encienden unos LED cuando les da la luz (una discreta prenda de seguridad para pasear después de que haya oscurecido).

Como científico de materiales que es, Fink cree que la clave para la fabricación de textiles más potentes pasa por alterar su composición. «Las fibras siempre han estado confeccionadas de un único material, y no conocemos nada que sea avanzado o que pueda cambiar rápidamente año tras año que esté hecho de un solo material —dice—. El número de grados de libertad es demasiado pequeño». La mayor parte de las fibras tardaron milenios en alcanzar su estado actual, y a los sintéticos les costó décadas. Fink quiere acelerar las cosas.

Él prevé lo que llama la ley de fibras de Moore, cuyo nombre proviene de la regla que dicta que la potencia de los ordenadores aumenta de manera exponencial, y que el número de componentes que hay en un chip se duplica cada dieciocho meses o cada dos años. La ley de Moore no es una ley de la naturaleza, sino una profecía autocumplida, que impulsa los esfuerzos en pro de la innovación y las expectativas del consumidor. Cada generación de chips es mucho más potente que la anterior pero menos cara por bit. Así que el precio de la potencia de los ordenadores no deja de caer en picado, y tanto los programadores como los fabricantes que realizan los productos electrónicos planifican de acuerdo a esa lógica.

La propia ley de Moore, la original, es la que da lugar a las fibras de AFFOA, al hacer componentes pequeños y baratos. Lo que solían ser

productos caros y hechos a medida, procedentes de fabricantes altamente especializados, ahora son artículos de *stock*.

Con los semiconductores como modelo, el equipo de AFFOA se afana por rebasar un listón que no hace más que subir. En el momento en que visito el laboratorio, ha tenido lugar recientemente el cumplimiento de uno de esos objetivos: la supervivencia de las fibras tras más de cincuenta ciclos de lavado, si bien es cierto que con agua fría y sin detergente. («Tengo la impresión de que solo serán para lavado en seco», señaló entonces la jefa de producto, Tosha Hays, una veterana de la industria de la ropa cuyos padre y abuelo eran propietarios de una desmotadora de Georgia). Hay otros indicadores dedicados a hacer seguimiento de características tan relevantes como la flexibilidad y la resistencia a la tensión.

En los tres años que pasaron antes de que, en diciembre de 2019, abandonase AFFOA, Hays vio un progreso importante. «Cuando comenzamos no podíamos manufacturar nada. Ahora manufacturamos miles de metros al día», dice. Los prototipos «solían parecerse a proyectos para la clase de ciencias. Ahora debes mirarlos con mucho detenimiento para ver el interruptor o la batería» en la muestra de un tejido. El diámetro de las fibras se ha reducido dos tercios, desde el milímetro inicial hasta los 300 micrones.

Pero los filamentos siguen siendo rígidos y cuesta mucho trabajar con ellos. Envueltos en poliéster reciclado quizá se asemejen a un hilo normal, pero no son ni de lejos tan flexibles ni tan resistentes. Crear prototipos requiere darles mil vueltas a las estructuras del tejido y a la construcción de prendas. No basta con unirlos mediante tejeduría o punto.

Para que puedan tener una aplicación comercial, tendrá que ser mucho más fácil trabajar con fibras inteligentes. Hacerlas más finas servirá de ayuda, pero, como admite Fink, «sin el estirado no vamos a llegar muy lejos». Me asegura que una de sus estudiantes universitarias se está enfrentando al problema, y que «en un año es casi seguro que ya lo habrá resuelto».

Luego está el desafío al que se enfrentan todos los dispositivos electrónicos: la energía. Los dispositivos inteligentes se idiotizan muy rápido sin electricidad, y el cajón de carga de AFFOA está

desconcertantemente repleto de baterías que chupan energía sin parar. El equipo está trabajando sin cesar en el almacenamiento de energía. Ya han sido capaces de fabricar fibras que contienen baterías de iones de litio, o supercondensadores. Los supercondensadores no almacenan tanta energía como las baterías, pero se cargan mucho más rápido, no se desgastan y —cosa importante para los textiles— no se incendian de forma espontánea.

Hacer que las baterías se conviertan en hilo eliminaría el peso que ahora le añaden, lo que sería de gran ayuda para los soldados desplegados en el campo de batalla y un beneficio para la ropa deportiva y las aplicaciones médicas. Hays señala a un maniquí que viste unas mallas de correr tachonadas de lucecitas. «Imagina que llevas puestas esas mallas, pero que no hubiera una batería aparte —me dice —. Se encontraría en el propio tejido». El reto es lograr que las fibras de batería sean lo bastante flexibles para las prendas del mundo real y que uno pueda confiar en que no le va a faltar la energía imprescindible.

Sin embargo, hasta las baterías de fibra necesitarán cargarse. Solo tenemos que preocuparnos de cargar un único teléfono móvil. Pero tenemos un armario entero repleto de ropa. «Si examinamos el término "textiles inteligentes" —dice un ejecutivo escéptico dedicado a la ropa de vestir—, ¿qué tiene de inteligente un textil que tienes que enchufar a algo?».

Así que es posible que las fibras de alta tecnología de AFFOA solo sirvan para productos especializados y nunca lleguen a la ropa de uso cotidiano. Quizá las baterías de fibra se puedan cargar a medida que caminamos, utilizando la energía generada por el movimiento. O, como sugiere Fink en un rapto de pura ciencia ficción, «podría haber un rollo inductivo en tu silla y un rollo inductivo en tus pantalones. A mí no me parece algo tan descabellado. Siempre estamos en contacto con otros tejidos».[20]

Fink y Juan Hinestroza son científicos de materiales. Ambos se graduaron en 1995. Ambos llegaron a los Estados Unidos como

estudiantes de doctorado, Fink desde Israel, e Hinestroza desde Colombia.[21] Ambos dirigen sus laboratorios en universidades de prestigio: Fink en el MIT; Hinestroza en Cornell. Ambos desarrollan investigaciones que podrían transformar los textiles de la vida cotidiana.

Pero en otras facetas son totalmente opuestos. Sus diferencias testimonian la agitación, y la incertidumbre, que rodea el futuro de los textiles.

Fink es tan científico como empresario, y está centrado de forma clara en convertir la investigación en prototipos con potencial comercial. Aboga por la «innovación a contra reloj», que ofrece noventa días de becas para la investigación y mide los progresos en semanas. Cuando habla de «la ley de Moore aplicada a las fibras» o afirma que «los tejidos ocupan en potencia los bienes raíces más valiosos del mundo: la superficie de nuestros cuerpos», hace gala de ese tipo de discurso lleno de autoconfianza que no desentonaría en una TED Talk. Es fácil imaginarlo camelándose a políticos y a ejecutivos de los textiles para lograr que AFFOA se pusiese en marcha.

Hinestroza no vigila ningún reloj. Lleva años con su investigación, y sabe distinguir el papel que le corresponde desempeñar a él del que tiene la industria. «Hacemos investigación precompetitiva —dice—. Los interrogantes académicos no son fáciles de resolver, y por eso se quedan en la academia». Él explora la ciencia fundamental, resultados relevantes y patentes, y el desarrollo se lo deja a los demás. Aunque buena parte de su tarea se inspira en los problemas prácticos, no trata de aplicarse ese principio a sí mismo.

Mientras que Fink transforma unas fornidas barras en delicados hilos, Hinestroza opera a una escala mucho más pequeña. Manipula moléculas para crear nuevos mantos, o *acabados,* como se les llama en el negocio de los tejidos. Su trabajo une los textiles y la nanotecnología: «áreas grandes y elementos microscópicos —dice—, lo visible y lo invisible». En lugar de convertir tejidos en plataformas que habrán de servir para unir necesidades todavía indefinidas, lo que él busca es mejorar la ejecución de sus funciones tradicionales de protección y adorno. Hinestroza parte de un problema arraigado y busca una nueva manera de enfrentarse a él.

Fink cree que llevar la tecnología del siglo XXI a los textiles requiere de nuevas fibras. Hinestroza no está de acuerdo. A la gente le gusta el aspecto y la sensación que producen los materiales existentes. Las fibras de siempre, observa, están además mucho más capacitadas para soportar las tensiones «violentas en extremo» de los telares y las máquinas de punto. «Creo que podemos resolver esos problemas con las mismas fibras que hemos estado empleando durante miles de años», dice. Hinestroza trabaja con algodón.

Hinestroza dirigió su primera investigación textil en su primer año como profesor en la Universidad Estatal de Carolina del Norte, a principios de la década de 2000, en medio de los miedos que surgieron, tras el 11-S, a las armas químicas y biológicas. La ropa protectora se sustentaba por entonces en el concepto de emplear diferentes capas para atacar distintos químicos, un enfoque, por tanto, limitado. «No puedes llevar puestas más de cinco camisetas —explica, utilizando una de las prendas predilectas como ejemplo—. Decidí darles a estas camisetas una molécula de espesor. Al darles una molécula de espesor, podía hacer miles de ellas y responder a amenazas mucho mayores originadas por diferentes productos químicos». En vez de poner un textil sobre otro, la idea de Hinestroza consiste en poner capa tras capa de químicos protectores sobre un solo tejido. Una capa molecular podría diseñarse para atrapar gas mostaza, otra para bloquear agentes nerviosos, otra para bloquear bacterias, y así sucesivamente.

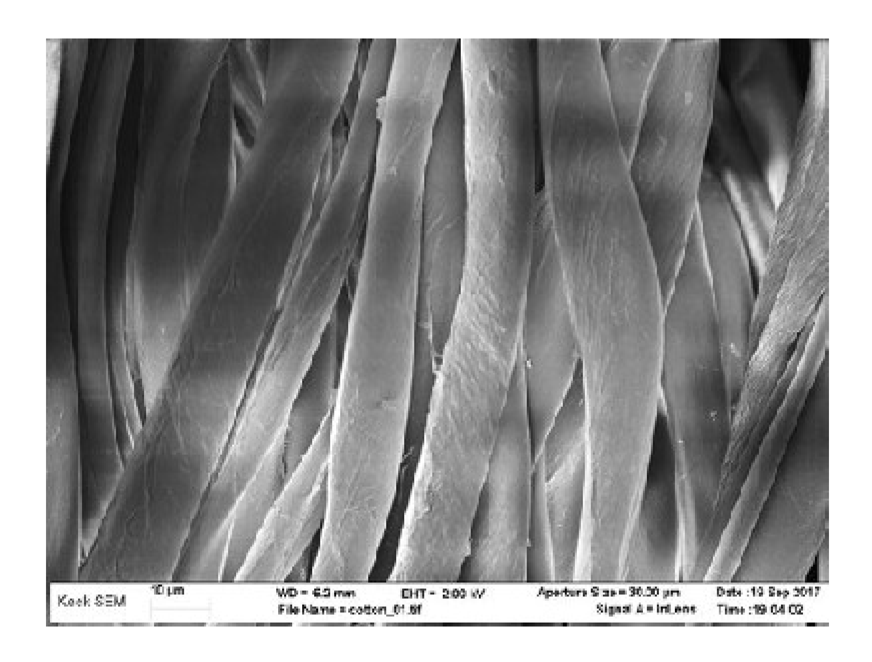
Para crear las moléculas protectoras, Hinestroza adaptó diversas técnicas que en su origen habían sido desarrolladas para la fabricación de semiconductores. Sin embargo, al contrario de lo que sucede con las uniformes láminas de silicio, el algodón es muy muy inconsistente. Aunque los polímeros de celulosa sean idénticos, difieren en características tales como el grado de torsión de cada fibra. «El algodón de Alabama es diferente del de Texas, que es diferente del de Vietnam —explica—. El que se da un año es diferente del que se da otro año. El que se da en un mismo año difiere en función del fertilizante que se haya empleado. Tenemos que ser capaces de superar todos estos problemas».

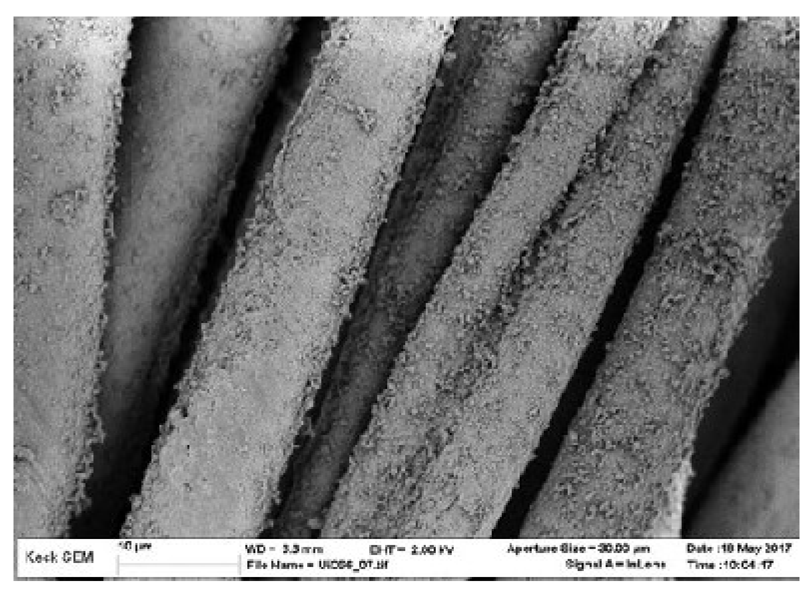
Dos décadas más tarde, Hinestroza se ha trasladado al norte del

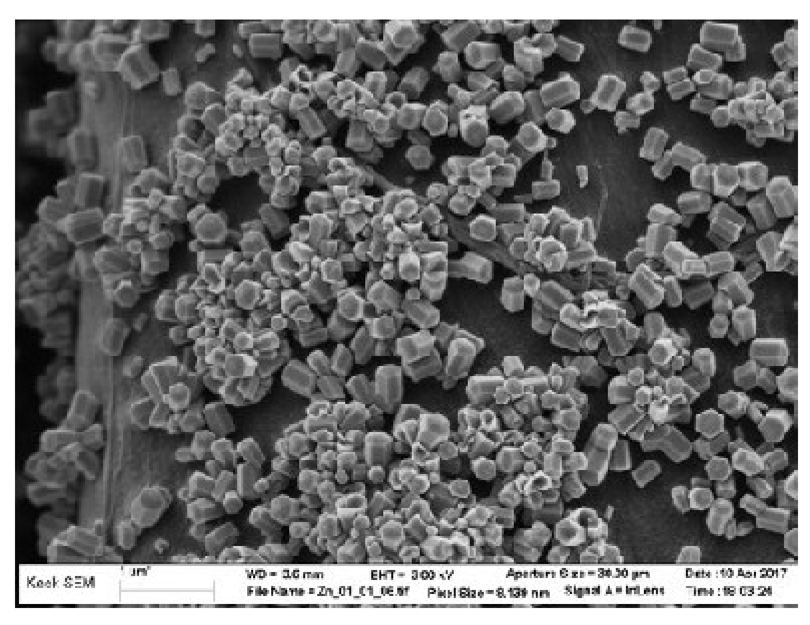
estado de Nueva York. Aun así, sigue fascinado por el algodón. Es más difícil trabajar con él que con polímeros de ingeniería pura como el poliéster o el nailon, cosa que lo convierte en un desafío científico mucho mayor. Y, para Hinestroza, su larga historia le confiere un atractivo añadido. «Hemos desarrollado una relación única con esta fibra», dice. Cuando pide a su audiencia que levanten una mano quienes no lleven algodón pegado a la piel casi nadie lo hace: y los que lo hacen suelen estar equivocados.

Hinestroza trabaja ahora en lo que denomina un «acabado universal» para el algodón. A fin de darles a los tejidos una calidad deseable, como pueden ser la resistencia a las manchas o la reducción de las arrugas, los fabricantes de textiles suelen aplicar productos químicos a las prendas después de su fabricación. Las prendas con «planchado permanente» celebradas por las amas de casa de la década de 1960, que ya estaban hartas de tanto planchar, eran producto de los nuevos acabados, y esos mantos aún son responsables del aumento de muchas de las mejoras que han beneficiado a los textiles. Cuando en los años noventa llegaron a las tiendas los pantalones chinos de hombre, que no necesitaban de planchado, justo en el momento en que empezaba a aumentar el uso de la ropa casual en el mundo de los negocios, la innovación más relevante resultó ser un nuevo acabado.

Recorramos los pasillos de la gigantesca muestra Outdoor Retailer y encontraremos marcas de prendas de vestir que promocionan toda clase de textiles funcionales; entre ellos, prendas que soportan la abrasión (pensemos en la escalada), que resisten el agua o que repelen a los insectos. Hay camisas de secado rápido y calcetines que no conservan el mal olor (o eso dicen). Muchos de tales efectos se deben a los acabados químicos. Sucede igual con las lanas que no encogen, con los tejidos de hospital que matan los gérmenes y con los jerséis que aseguran hacer menos bolitas.


Keck SEM
10 µm
File Name = cotton_01.tif
Signal A = InLens


Keck SEM
Aperture Size = 30.00 µm
Signal A = InLens



Algodón puro y fibras de algodón con marcos organometálicos adheridos, vistos a diferentes aumentos cada vez mayores. (Universidad de Cornell, Juan Hinestroza)

No obstante, el acabado es un proceso inexacto, que exige diferentes tratamientos para según qué efectos, y que, en algunos casos, como sucede con los repelentes de agua elaborados con fluoropolímeros, causan preocupación por sus consecuencias en el medio ambiente. Además, los acabados no duran. Con el tiempo, destiñen y acaban desapareciendo.

Hinestroza prevé la existencia de una sola molécula para todos los usos que habrá de mantenerse siempre enlazada a los polímeros de celulosa: la espina dorsal estructural, no solo del algodón, sino también de otras fibras antiguas de plantas, como el lino y el cáñamo, así como del rayón (viscosa) y de otros parientes menos dañinos para el medio ambiente, como el modal y el Tencel. Hinestroza emplea lo que se conoce como *química reticular* para crear una red invisible adherida a cada molécula de celulosa.

«Puesto que sabemos cómo actúa cada componente de la molécula de celulosa o de las moléculas de nailon o poliéster, nos es posible diseñar moléculas que "encajen" en estas características», explica Hinestroza. Como las piezas de un puzle, sugiero. «Un puzle es una buena analogía, solo que las piezas del puzle vienen con un manto de

“pegamento extrafuerte”» —se enlazan químicamente—, de modo que cuando están colocadas ya nunca se despegan de ahí».

Las moléculas que construyen la red reciben el nombre de «marcos organometálicos». Como el propio nombre indica, cada una de ellas tiene dos componentes: moléculas orgánicas y metales. Imaginemos un hexágono con una bola de metal en cada esquina, y todas las bolas conectadas por unas cadenas a lo largo de los bordes. Las cadenas son compuestos orgánicos. El dintorno constituye una «celda» que puede albergar otras sustancias. Ese espacio puede hacerse más grande o más pequeño alterando la longitud de las cadenas, pero la forma general no cambia. Los marcos organometálicos son precisos, predecibles y uniformes. Si son hexagonales, mantienen la forma hexagonal. Si son cuadrados, mantienen la forma cuadrada.[22]

«Esta es la magia que hay tras la química reticular —dice Hinestroza —. Uno puede reproducir una red de marcos de alta definición», lo cual es ideal para hacer un manto consistente sobre miles de metros de tejido. También es posible predecir matemáticamente el comportamiento de un marco, antes incluso de sintetizarlo. El ahorro de tiempo que eso supone a la hora de resolver problemas complejos es inmenso. «Es mi molécula favorita», dice Hinestroza.

Para crear un acabado de algodón, el primer paso consiste en diseñar una molécula que enlace con el polímero de celulosa. Luego viene la parte más peliaguda: encontrar un «paquete» o «carga» con las propiedades funcionales deseadas que habrá de encajar en la celda y que se liberará cuando sea preciso para realizar una tarea concreta. Lo que lo ponga en marcha podrá ser una abrasión, un cambio de temperatura o de humedad o la exposición a aceites o bacterias. Al liberarse en pequeñas cantidades en lugares concretos, los efectos del acabado duran más tiempo.

Es un problema difícil, que depende de numerosas variables. Un manto que resista el aceite habrá de interactuar con muchas clases diferentes de aceites; y lo mismo vale para los acabados antibacterianos. Un acabado resistente al agua tendrá que permitir que el sudor escape, pero también habrá de evitar que se filtre la lluvia. Hinestroza pone a un estudiante para confrontar cada puzle.

Hasta ahora el equipo ha conseguido crear un acabado que resiste de

manera simultánea el aceite, el agua y las bacterias. Pero impedir la formación de arrugas, un reto más complicado que requiere de temperaturas más elevadas, sigue siendo una tarea pendiente. A Hinestroza también le gustaría que el tratamiento repeliera mosquitos, matara chinches y, para determinados usos, proporcionara vitaminas o medicinas bajo demanda. Podría incluso sustituir tintes y pigmentos. Cuando dice «acabado universal» no está bromeando.

Para elevar el nivel de dificultad, Hinestroza también quiere aplicar el tratamiento utilizando para el acabado los mismos baños que ya emplean los fabricantes de textiles. El objetivo es brindar a la industria un método preciso para producir más textiles funcionales desperdiciando mucho menos y sin tener que hacer nuevas inversiones de capital. Encontrar un acabado universal exige más tiempo del que puede permitirse una compañía química o textil. «Eso es lo mejor de la investigación académica —dice—. Nos volcamos en problemas que son muy complicados y que carecen de soluciones triviales. Si algo tiene una solución trivial, ya la habría encontrado alguien».

Si Hinestroza logra su objetivo, uno de los resultados sería tan extremo que ni siquiera espera que la gente llegara a aceptarlo. Un textil capaz de matar bacterias y repeler el aceite no necesitaría de lavados, bastaría con frotarle lo que quedase en la superficie. Habría que rellenar el «paquete» de tarde en tarde, pero ya no sería preciso lavar más. «Si una prenda no se mancha, si no absorbe los componentes exteriores, no necesitas lavarla —dice—. Pero el efecto psicológico es que tampoco tendrías muchas ganas de vestir algo así».[23]

Greg Altman y Rebecca «Beck» Lacouture no comenzaron en los textiles. Pero sí empezaron con la seda.

Los dos amigos se conocieron el primer día en que Lacouture acudía a la Universidad Tufts, donde Altman era profesor auxiliar en las clases introductorias de Bioingeniería. Fascinada por la investigación para desarrollar sustratos de seda y reemplazar ligamentos de rodilla dañados realizada por Altman, Lacouture se ofreció a trabajar como

ayudante de laboratorio y, tras obtener su propio doctorado, se unió a la empresa emergente de Altman, Serica Technologies, Inc.

Serica adaptó la investigación presentada en la tesis doctoral de Altman, que tenía por objeto la creación de andamiajes de malla para sujetar tejidos blandos durante y después de la cirugía, sobre todo en la reconstrucción de senos. Los andamios están hechos a partir de una seda que ha sido purificada para quitarle la sericina, una proteína pegajosa (y a veces alergénica) que evita que los capullos se deshagan, y dejar únicamente la *fibroína,* que da a la fibra su brillo y su fuerza característicos. Dado que la fibroína es una proteína, es biocompatible y se deshace en aminoácidos que el cuerpo puede absorber con facilidad una vez se ha curado el tejido dañado.

En 2010, Serica fue adquirida por Allergan, la enorme empresa farmacéutica mundial que debe su fama al bótox.[24] Altman y Lacouture siguieron allí un par de años más y luego se lanzaron a una nueva iniciativa empresarial, también basada en la química de la seda. En esta ocasión, su propósito consistía en fabricar productos que pudieran tener un impacto mucho mayor que el limitado alcance de un dispositivo médico. El cuidado de la piel, pensaban, sería perfecto.

Cuando tenía veintisiete años y llevaba tres años fuera de la universidad, a Lacouture le diagnosticaron cáncer de ovarios. Se recuperó, pero la quimioterapia fue muy dura. Aumentó su preocupación por las sustancias de uso cotidiano que podían dañar a alguien con un sistema inmune afectado. «Haz una buena limpieza de tu armario cosmético», le aconsejó su oncólogo al comienzo de tan agresivo tratamiento.[25] Inspirándose en aquella experiencia, Lacouture pensó que la seda —o, para ser más precisos, la fibroína— podía ser una buena alternativa para el tipo de ingredientes sintéticos que se emplean en el cuidado de la piel. La proteína es flexible, su estructura cristalina atrapa la luz, es suave sin ser aceitosa y es biológicamente benigna. Si la ingirieses, no te causaría ningún daño.[26]

Antes de que lograran introducir la fibroína en humectantes y sérums para la piel, Altman y Lacouture tuvieron que conseguir que se mantuviera disuelta en el agua. Los investigadores académicos habían llegado a hacerlo durante breves periodos, pero la materia, de manera inevitable, siempre se congelaba y formaba un gel. Altman y Lacouture

se encontraron con el mismo caso. «Nuestros primeros intentos, de hecho, consistieron en hacer gelatina de seda y molerla», dice Lacouture.

Se enfrentaron al problema mediante lo que Altman, que en Tufts capitaneaba el equipo de fútbol americano, llama «bloqueo y carga simple: controlar el proceso. Medir lo que tienes. Controlar el proceso. Medir lo que tienes». Los experimentos se alargaron un año, pero al final dieron con la respuesta. Al parecer, la más ligera impureza daba a la fibroína algo a lo que enlazarse, cosa que la llevaba a eliminarse de la solución. «Hasta las sales de nuestro suministro de agua urbana —dice Altman— pueden cambiar la forma en que se organiza la seda». El secreto está en conseguir que el agua se mantenga absolutamente pura.

Tras dos años de trabajo, su primera línea de productos para el cuidado de la piel llegó al mercado. Para entonces, sin embargo, Altman y Lacouture habían entendido que no debían estar en el negocio del cuidado de la piel... o, al menos, no solo en el negocio del cuidado de la piel.

«Nos dimos cuenta de que la plataforma química que habían creado dentro del contexto del cuidado de la piel es, a decir verdad, lo que tiene más valor», afirma el director financiero Scott Packard, mientras me guía por los laboratorios en los que miles de capullos de seda desechados se refinan en un producto distinto, al que la compañía ha dado el nombre comercial de «seda activada». El cuidado de la piel era tan solo un posible uso. «Podíamos emplear esa plataforma química en diversos textiles con diversas aplicaciones. Así es como aquello pasó de ser algo genial a ser un gran negocio».

La fibroína tiene una inusitada propiedad química. Contiene algunas secuencias proteínicas a las que les encanta el agua y otras que la odian. Las secciones hidrófilas de la fibroína permiten que esta se disuelva en agua, al menos durante un tiempo, y le dan su elasticidad. Las secciones hidrófobas se enlazan entre sí, lo que da lugar a la solidez de la fibra. «La proteína de la seda tiene secciones tan reluctantes a estar en el agua que se adherirán, casi de manera permanente, unas a otras», dice Altman. Pero no tiene por qué ser así. Pueden adherirse también a otras sustancias. De ahí el problema de la gelatina creado por las impurezas... y que descubrieran que se hallaban ante un gran negocio.

Si la fibroína se enlazase a las sales presentes en el agua corriente, también se enlazaría al nailon, a la lana, a la cachemira, al cuero…: a cualquier cosa que necesitase protección, delicadeza u otras mejoras superficiales. Al cortar los polímeros de fibroína en piezas de diferentes tamaños, algunas con bordes hidrofóbicos y otras con bordes hidrofílicos, la compañía podría crear diferentes estructuras y características materiales. Podría rellenar las asperezas del cuero barato, hacer que el nailon repeliera el agua y fuera transpirable, o reducir la tendencia de la lana y la cachemira a encogerse y hacer bolitas. Del mismo modo en que sustituyó a los ingredientes sintéticos del cuidado de la piel, la seda también podría proporcionar una alternativa a los acabados textiles ya existentes.

Los productos para el cuidado de la piel llegan a algunas personas. Los textiles llegan a todo el mundo.

Con todo, la compañía no espera atraer a todo el mercado. Evolved by Nature, que es su nombre actual, apuesta por una tendencia cultural: el rechazo de los consumidores a los químicos industriales. Sus acabados basados en seda apuntan a los productores de cuero y textiles que quieren alternativas. «En términos de negocio —admite Altman—, allí donde no hay un proyecto de sostenibilidad, allí donde no hay ni ética ni moral, nuestra propuesta no ofrece nada. Porque lo que nosotros podemos hacer cualquiera puede pedir que se lo hagan en un laboratorio químico».

Tal y como sugiere el afilado lenguaje de Altman, la compañía está inmersa en una cruzada, y una cruzada que atrae una franca atención en un momento en que la industria de la moda se autocondena por contribuir a la contaminación y al consumo de usar y tirar. En junio de 2019, Chanel limpió su imagen medioambiental comprando una participación minoritaria en la compañía.[27] Los fundadores son, no obstante, gente de negocios de lo más pragmática que entiende que exigir una revolución no moverá los productos ni cambiará las prácticas de la industria. Evolved by Nature tampoco quiere limitarse al consumidor de productos de lujo. «No queremos ser como Tesla. Queremos ser como el Toyota híbrido —dice Altman—. A mí me gusta el Prius, y eso es lo que queremos ser».

Para maximizar su mercado, los acabados de Evolved by Nature no

exigen ni equipamiento ni procedimientos nuevos. Los trabajadores se limitan a seguir sus instrucciones acerca de la cantidad de solución que utilizar en agua y la cantidad que diluir de la manera en que lo hacen para otros acabados. De hecho, las fábricas de hilado pueden usar los productos de Evolved by Nature junto a los sintéticos, aunque no es una perspectiva que pueda encandilar al equipo que trabaja en la compañía. «No es nuestra intención trastocar la industria —dice Packard—. Lo que intentamos es limpiar la industria, paso a paso».

Con su conjunto blanco, encarna a la perfección el icono intemporal de la moda. Su falda recta, hasta por debajo de la rodilla, termina en unos precisos flecos, cuyas agudas líneas contrastan con un top tejido con delicadeza. Un pañuelo echado con indolencia por el cuello completa su *look*. Los bordes color azul marino del pañuelo y el lacito a juego de su recogido le aportan un sofisticado toque de color. No encontraremos esta Barbie en el departamento de juguetes, por más que ansiemos un respiro entre tanto rosa. Tanto ella como su conjunto, completamente único, ocupan un despacho del MIT, cerca de la famosa cúpula de la universidad. La investigadora científica Svetlana Boriskina utiliza a una Barbie para modelar su visión de las prendas del futuro.

Experta en materiales ópticos, hasta hace escasos años Boriskina habría calificado con desdén las prendas como «una vieja tecnología» indigna de investigación. Su atención la focalizaba en ingredientes que tuvieran potencial para el uso en dispositivos de vanguardia.

Fue entonces cuando se encontró con el reto del Departamento de Energía de los Estados Unidos, que solicitaba nuevas ideas para la «gestión personal de la temperatura». Se trata de un concepto muy moderno. Después de todo, durante buena parte de la historia humana conservar el calor fue sobre todo un asunto personal. Significaba cubrirse con ropas o con mantas, mientras el fuego proporcionaba un calor secundario. El aire acondicionado no existía. Ahora nos confiamos a los sistemas centralizados para el control del clima. Esos sistemas han mejorado nuestra comodidad, pero calentar y enfriar edificios consume muchísima energía: solo en los Estados Unidos

representa el 12 por ciento de la cantidad total que se emplea. Una tecnología que nos permitiera a todos vivir a nuestra temperatura preferida reduciría las emisiones de carbono, con el beneficio añadido que supondría poner punto final a los interminables conflictos con los ajustes del termostato.[28]



Conjunto en polietileno de Barbie, que la mantiene tan fresca como si estuviera desnuda. (Svetlana V. Boriskina, MIT [sboriskina.mit.edu])

Boriskina se sintió intrigada. Su conocimiento de la óptica la invitaba a adoptar un punto de vista diferente.

Nuestro cuerpo está irradiando calor todo el tiempo. La ropa lo atrapa cerca de nuestra piel. Como las plumas de un pájaro o la piel de un animal, las prendas bloquean la conducción, que es la energía que se transfiere cuando coinciden dos superficies con temperaturas distintas. Las moléculas estimuladas del material más cálido transfieren energía a las moléculas casi inmóviles de la sustancia más fría, hasta que las dos alcanzan un equilibrio. Dejemos durante un rato un vaso de cerveza helada en la barra y veremos que toma la temperatura ambiente. Quitémonos los guantes para enviar un mensaje de texto y los dedos se

nos helarán con el aire invernal. Algunas sustancias son conductores muy rápidos, razón por la cual lanzarnos a una piscina en un día caluroso nos hace sentir frío de inmediato… y razón, también, por la cual tardamos tan poco tiempo en acostumbrarnos al agua que en un primer momento nos pareció helada.

Las prendas bloquean la conducción porque actúan como una barrera levantada entre nuestras cálidas pieles y el aire frío. Así que cuando bajan las temperaturas llevar una ropa adecuada es ya un modo de gestionar nuestra temperatura, como saben muy bien los daneses que van al trabajo en bicicleta. El verdadero reto —y lo que estimuló la imaginación de Boriskina— consiste en enfriar.

La solución debía ser pasiva, pensó, sin cables ni baterías. Algo sencillo. Algo como una prenda. O como ir desnudos.

Cuando nos quitamos la ropa, la conducción reduce nuestro calor, al menos mientras el aire que nos rodee sea menos cálido que la temperatura corporal. (Lo siento, Las Vegas). Pero también entra en liza un segundo proceso, con independencia de cuál sea la temperatura del aire: la radiación. Al igual que el sol, nuestro cuerpo está soltando energía constantemente hacia el universo. La diferencia es que una parte de la energía del sol se emite en forma de luz visible, mientras que la de nuestro cuerpo no; su longitud de onda es más larga, de rango infrarrojo, la clase de onda que las lentes de visión nocturna y las cámaras de infrarrojos captan para avistar a la gente que se oculta en la oscuridad.

Más o menos la mitad del calor que despide nuestro cuerpo emana de él a través de la radiación. Pero nuestras prendas la bloquean. «Sencillamente, la engullen —dice Boriskina—, y después las ropas se calientan y recogen calor de todo el cuerpo». En un día caluroso, las ropas nos hacen sentir más calor.

Pero ¿y si no fuera así? ¿Y si los textiles estuvieran hechos de algo que fuera transparente a la radiación infrarroja —de manera que el calor pasara a través de ellos— pero resultara opaco a la mirada? Nuestras ropas nos permitirían sentirnos tan frescos como si no llevásemos nada, al tiempo que nos protegerían de las quemaduras solares y de las miradas ajenas. Boriskina se dispuso a descubrir si una sustancia tal existe.

«Comenzamos con un puro concepto —explica—. Era algo matemático: si tenemos este material, si podemos moldearlo y convertirlo en fibras de un determinado aspecto y esas fibras las metemos en un hilo, el hilo ya tendrá la funcionalidad que predecimos. Y, si esa funcionalidad la tienes, ya puedes controlar la temperatura».

La respuesta consistió en un polímero muy sencillo, nada más que carbonos e hidrógenos, sin ninguno de los enlaces iónicos que tienden a vibrar y bloquear la radiación. Hasta aquí, perfecto. Sin embargo, si de verdad quieres algo que la gente se vaya a poner, vas a necesitar algo más que las ecuaciones adecuadas. «Tiene que ser cómodo —dice Boriskina—. Tiene que ser barato. Tiene que ser ligero».

El material adecuado no solo existe, descubrió Boriskina, sino que además es increíblemente común. Sirve para hacer partes de máquinas y accesorios para tuberías, toboganes y botellas de champú, cubos de basura para el reciclaje y las tan nocivas bolsas desechables de los pastelitos. Lo han llamado el «plástico más importante del mundo», y alcanza el 30 por ciento del total de la producción de plásticos.[29] Se trata del polietileno.

Lo único para lo que el polietileno no se utiliza es para confeccionar textiles. De hecho, a Boriskina le costó lo suyo encontrar fibras para los experimentos. Al final, localizó una compañía en Tennessee llamada MiniFIBERS, Inc., que corta el polietileno en trocitos para fundirlo entre superficies a modo de pegamento. Le dieron filamentos sin cortar suficientes para empezar a ponerse en marcha. Lo bueno es que es fácil extrudir polietileno en las mismas máquinas empleadas para el poliéster, y ahora a Boriskina le hacen el hilo en el cercano US Army Natick Soldier Systems Center, que apoya su investigación. Después usa las instalaciones de AFFOA para convertir el hilo en tejido. Así es como la Barbie consiguió su ropa.

Ligero, suave y casi tan fresco como ir desnudos: da la impresión de que el polietileno es un tejido genial, sobre todo para los climas cálidos y pegajosos. ¿Por qué no lo tenemos en nuestras ropas? Cuando hago esa pregunta, los veteranos de la industria textil me dicen que es demasiado caro, que se degrada a temperaturas elevadas y que no puede teñirse.

Como afirmación generalizadora, la primera objeción no es del todo

cierta. Apunta sobre todo a un polietileno fortísimo, de alta densidad, que se utiliza para aplicaciones especializadas. (Pensemos, por ejemplo, en las resistentes cadenas de los marines, que flotan en el agua). La mayor parte del polietileno es muy barato. Ese es el motivo de que se le utilice para la paquetería de usar y tirar.

La segunda crítica es válida, pero ello podría carecer de importancia, al menos para determinadas aplicaciones. El polietileno de baja densidad se funde a unos 130 °C, comparado con el punto de fusión del poliéster, que está en torno a los 260 °C. En agua, cerca del punto de ebullición, podría encoger o, si no, alterar su comportamiento. En igualdad de condiciones, el poliéster es mejor. Pero en un clima cálido no hay igualdad de condiciones. Podríamos lavar prendas de polietileno en agua tibia, ponerlas a tender o incluso meterlas en la secadora en un programa de calor reducido. No se nos ocurriría hervirlas ni plancharlas.

El problema del teñido, sin embargo, es absolutamente cierto. Esa es la razón de que el atuendo de la Barbie sea en su mayor parte blanco. La molécula de polietileno no da lugar a que el tinte enlace, de modo que el color se limita a asentarse en la superficie. Cuando el equipo de Boriskina intentó dar color a su tejido milagroso con un tinte normal, la prenda se volvió negra. «Después la metimos en agua fría y, ¡hala!, ya estaba blanca otra vez», dice. Para obtener textiles de polietileno teñidos, se debe introducir el colorante cuando se está haciendo la fibra. Así se contamina menos con el tinte —lo cual es un extra medioambiental—, pero también altera el gasto del proceso, pues obliga a que las factorías sepan prever de forma adecuada la demanda de color. No es muy probable que un tejido que no puede hervir y que es difícil de teñir vaya a conquistar el mundo. Pero un tejido que enfría, que no puede hervir y que es difícil de teñir tiene algunos mercados potenciales, desde el mercado de la abaya al de la ropa interior. Podría incluso recuperar las camisetas de gimnasia blancas.

Y la otra cara del problema con el tinte es que las moléculas de las manchas tampoco se agarran. Limpiar es rápido y sencillo, pues no hay necesidad de ciclos de lavado largos ni de altas temperaturas. Aparte de lo que eso supone en términos de ahorro energético, no podemos sino imaginar los beneficios que también aportará a la gente que no tiene

lavadora, sobre todo en los climas cálidos. Las mismas propiedades antibacterianas que se sabe evitan que el polietileno se degrade en los vertederos son las mismas que harán menos probable que huela mal como prenda de vestir y también las que ayudarán a reducir las infecciones en los entornos médicos. Es fácil de reciclar, y las vías para hacerlo ya llevan mucho tiempo entre nosotros. Las viejas camisetas se convertirían en botellas nuevas, y viceversa. «Lo único que debemos hacer es no echarlas al mar», dice Boriskina.

Boriskina no obtuvo el dinero del Departamento de Energía por el que competía para llevar a cabo su investigación, pero aquel desafío cambió su vida. Se ha convertido en una evangelista del polietileno.

«Si miramos hoy día a los tejidos —los que nos ponemos, o la ropa de cama, o los manteles, o los asientos de los coches—, veremos que todos ellos están hechos de algodón o de poliéster. Son los dos tejidos que dominan casi todo el mercado. El polietileno es mejor que el algodón y que el poliéster —explica entusiasmada— y no es más caro de hacer. No veo motivo alguno para que no pudiera reemplazar a casi cualquier material». Ahora, Boriskina está estudiando sus propiedades antibacterianas y, con los fondos de AFFOA, investiga las fibras de polietileno por si pudieran llevar sensores u otros dispositivos electrónicos.

Su entusiasmo surge en parte de la convicción de que este material, que a menudo ha sido demonizado por los ecologistas, podría hacer maravillas para cuidar el planeta. Convertir el polietileno en un textil de uso cotidiano, confía Boriskina, podría ahorrar la energía que se derrocha en el aire acondicionado y el lavado a máquina, al tiempo que mejoraría las comodidades y la salud de la gente en todo el mundo. «Eso es lo que me emocionó tantísimo al principio, puesto que no era para nada mi campo —dice—. Puedes hacer algo de verdad por el mundo».[30] Trabajar con textiles da la oportunidad de causar un gran impacto. Es posible que suelan pasar desapercibidos, pero están por todas partes.

Epílogo

¿POR QUÉ LOS TEXTILES?

Lo viejo y lo nuevo son la trama y la urdimbre de cada momento.

RALPH WALDO EMERSON, «Citas y originalidad», 1859

La gente que escucha hablar de este libro siempre me hace la misma pregunta: ¿por qué los textiles?

Podría dar la clase de respuesta que, imagino, quienes formulan esa pregunta esperan oír. Podría decir que crecí en una ciudad que se autoproclamaba la «Capital Textil del Mundo», de modo que los textiles me rodearon durante buena parte de mis años de formación. Pero eso no es del todo cierto. Tenía amigos cuyos padres trabajaban en la industria, pero mi contacto personal se veía limitado a algún que otro viaje a una fábrica con ropa de saldo en busca de prendas baratas.

Podría decir que al menos durante cinco generaciones alguien de mi familia ha estado metido en el negocio de los textiles. Eso también sería un poco engañoso. Mi padre, ingeniero, pasó de las fibras sintéticas a los envoltorios de poliéster cuando yo ni siquiera tenía edad para estar en la guardería. Su tío, que trabajaba en el negocio de las alfombras, murió cuando yo era muy pequeña. Ninguno de ellos despertó en mí el interés por los textiles.

Por más que eso pudiera dar para una buena historia, lo cierto es que este libro no me lo inspiró la historia de mi familia ni mis experiencias infantiles. Surgió de lo que no me resultaba conocido, sino extraño: de la prohibición del calicó y de la exportación del palo brasil, de las tablillas minoicas y de las máquinas de molinaje italianas, de un vestido del siglo XIX con rayas de un morado intenso y de la promesa de que la seda podría extraerse de la levadura. Mi investigación de los textiles partió del sentido de la maravilla. Cuanto más escuchaba a

estudiosos, científicos y hombres y mujeres de negocios —al principio por casualidad, y más tarde cuando ya comencé a investigar el tema—, más fascinada me sentía, y con una mayor frecuencia, por esa tecnología trascendental que los textiles representan, por las impactantes consecuencias que han tenido para el mundo entero y por lo sorprendente que es buena parte de su historia.

Estudiar los textiles me ha permitido adentrarme en sorprendentes fenómenos naturales como la rarísima química del índigo y la genética improbable del algodón. Me mostró el ingenio y el cuidado que hay tras las artesanías y la industria: los cordeles que contienen los motivos de un telar laosiano y el nailon de que están hechos, las múltiples etapas del *block printing* de la India y los miles de metros que discurren por una tintorería de Los Ángeles. Me hizo agradecer el tesoro de hebras de la Revolución Industrial y el tiempo de libertad que estas concedieron a las mujeres.

Admiré el empuje que los comerciantes italianos pusieron en liza para crear un servicio de correos, y el de sus colegas africanos para convertir unas tiras de tela en moneda de curso legal. Me reí de las neuras del concilio dirigente de Tlaxcala por los *nouveaux riches* que trajeron las cochinillas, e imaginé al joven Maquiavelo resolviendo problemas matemáticos sobre rollos de tela. Aplaudí a Agostino Bassi por buscar con semejante tenacidad los orígenes de la enfermedad del gusano de seda, y me lamenté por la pérdida de Wallace Carothers. Sentí las frustraciones de Lamassī y olí el hedor de la cañadilla.

Temblé ante la rudeza que mostraron los mongoles al hacer marchar a sus tejedores cautivos por Asia, igual que hicieron los americanos con los trabajadores esclavos que enviaban al valle del Misisipi. Me pregunté qué hubiera ocurrido si las disposiciones de la Ordenanza del Noroeste, que incluían la prohibición de la esclavitud, se hubieran aplicado a los nuevos agregados de los trece estados originales. De haber existido diferentes opciones, ¿el algodón habría podido significar oportunidades y libertad?

Cuanto más aprendía acerca de los textiles, más llegaba a entender de ciencia y economía, de historia y cultura, esto es: del fenómeno que llamamos «civilización». Padecemos de amnesia textil porque disfrutamos de textiles en abundancia. Y esa amnesia tiene un precio:

oscurece los componentes esenciales de la herencia humana y oculta, en buena medida, la forma en que hemos llegado hasta aquí y lo que somos.

Ahora me doy cuenta de que cada trozo de tela encarna la solución de innumerables y enrevesados problemas. Muchos son técnicos o científicos: ¿cómo se obtienen ovejas que den vellones blancos y gruesos? ¿Qué hay que hacer para que las fibras mantengan una tensión uniforme que permita hilarlas entre sí sin que se rompan? ¿Cómo evitar que se pierda el color del tinte? ¿Cómo se construye un telar que sirva para tejer motivos complejos?

Algunas de las dificultades más espinosas son, sin embargo, de carácter social: ¿cómo se financia un cultivo de algodón o de gusanos de seda, una nueva planta para hilar, o una caravana para viajes de larga distancia? ¿Cómo se pueden conservar los motivos estampados para que otra persona los pueda reproducir? ¿Cómo pagar un envío de textiles sin remitir físicamente el dinero? ¿Qué hay que hacer cuando la ley prohíbe las telas que deseas vestir o fabricar?

Todas estas preguntas surgen de algo tan universal como la inquietud humana. Los seres humanos comparten la necesidad de sentirse protegidos, el apetito del estatus y el placer de ponerse adornos. Somos creadores de herramientas, animales que resuelven problemas, criaturas sociales y sensoriales. Las telas encarnan todas estas características.

Pero las inquietudes universales se manifiestan en la historia solo a través de detalles particulares: los logros de inventores, artistas y trabajadores, los anhelos de científicos y consumidores, la iniciativa de exploradores y emprendedores. La historia de los textiles abarca belleza y genio, crueldad y exceso, jerarquías sociales y sutiles soluciones alternas, comercios pacíficos y guerras salvajes. En cada pieza de tela se esconden las obras de mujeres y de hombres curiosos, inteligentes y llenos de deseo, hombres y mujeres del pasado y del presente, conocidos y desconocidos, procedentes de todos los rincones del planeta.

Este legado no pertenece a una sola nación, raza o cultura, ni a un único tiempo o espacio. La historia de los textiles no es una historia masculina o femenina, ni es una historia europea, africana, asiática o

americana. Es todo eso al mismo tiempo, algo acumulativo y compartido: una historia humana, un tapiz tejido con incontables y vivísimos hilos.

AGRADECIMIENTOS

Mi viaje por los textiles pasó de ser una vaga idea a una investigación mucho más seria en 2014, cuando Denita Sewell me sugirió que asistiese al simposio bienal de la Sociedad Textil de América, que se iba a celebrar en la cercana UCLA. A ella le debo mi más inmenso agradecimiento. Me fascinó aquello de lo que me enteré en la conferencia, sobre todo los artículos de Marie-Louise Nosch sobre arqueología textil y de Beverly Lemire sobre el comercio del siglo XVIII. También sostuve unas estimulantes charlas con ellas y con otros historiadores del textil; entre ellos, la gran Betchen Barber.

Desde el mismo comienzo, pude beneficiarme del entusiasmo y la generosidad de muchos estudiosos de los textiles, empresarios del ramo y artesanos. Algunos aparecen en el libro, y les doy las gracias por compartir conmigo su trabajo y su tiempo. Otros tuvieron un papel no menos importante, pero no necesariamente aparecen con su nombre. A todos ellos quiero darles las gracias desde aquí.

Marie-Louise Nosch y Eva Andersson Strand me hicieron de guías en las valiosísimas visitas al Centro de Investigación Textil de la Universidad de Copenhague, donde Magdalena Öhrman, Jane Malcolm-Davies y Susanne Lervad ampliaron mi aprendizaje sobre los textiles con charlas, referencias y experiencia práctica. Cherine Munkholt me brindó un temprano aliento y me inició en la obra de Ellen Harlizius-Klück. Cécile Michel, a quien conocí en el CIT, compartió muy amablemente conmigo sus traducciones de los antiguos textos asirios y respondió a incontables preguntas sobre ellos.

John Styles, que por una feliz coincidencia visitaba la Biblioteca Huntington, me dio una verdadera conferencia sobre la literatura concerniente a la hilatura y la Revolución Industrial. También él respondió a mis numerosos correos subsiguientes. Claudio Zanier me presentó a Flavio Crippa, que no solo concertó múltiples *tours*, sino que además me llevó en coche por todo Milán. Helen Chang me habló

de los textiles convertidos en dinero circulante en la Ruta de la Seda. Deb McClintock me ayudó a comprender el telar laosiano. Todavía estaba trabajando en mi propuesta cuando Steve Gjerstad me entregó una pila de útiles artículos de historia económica.

Diane Fagan Affleck y Karen Herbaugh compartieron conmigo su investigación sobre los «colores neón» en los estampados de algodón del siglo XIX, y me enseñaron algunos libros de muestras en el posteriormente desaparecido Museo Nacional de Historia Textil. Michelle McVicker seleccionó algunas prendas del museo del ITM (el Instituto Tecnológico de la Moda) para mostrar cómo eran los textiles antes y después de los tintes de anilina.

Meir Kohn me prestó el manuscrito de su libro y respondió a mis preguntas sobre instituciones económicas. Timur Kuran me permitió escarbar en su mente y averiguar así por qué los textiles tuvieron un papel tan central en el desarrollo económico. Lining Yao me prestó también su investigación sobre el *morphing* de materiales. Tien Chiu respondió a todos mis correos electrónicos.

Gabriel Calzada me invitó a la Universidad Francisco Marroquín, en Ciudad de Guatemala, y me preparó un extenso *tour* textil y un retiro donde poder escribir durante mi visita. Pablo Velásquez, Isabel Moino, Lissa Hanckel y Lisa Fitzpatrick fueron allí mis encantadores anfitriones.

Mi viaje a la India no hubiera tenido lugar sin la ayuda de mi amiga Shikha Dalmia, mi cuñada Jamie Inman y sus extensísimos contactos. Shikha Banerjee me llevó en un viaje relámpago a la Central Cottage Industries Emporium de Nueva Delhi para que conociera los textiles hindúes. Suresh Matur me invitó a hablar en la Auto University de Surat, que preparó un viaje a la planta de Laxmipati Saree y me brindó alojamiento en el precioso hotel de Suresh. Anju y Girish Sethi fueron unos anfitriones maravillosos; me llevaron de compras y me abrieron las puertas de las fábricas locales.

En los comienzos de mi investigación, me di cuenta de que nunca entendería el funcionamiento de los telares a menos que usase uno. Trudy Sonia me dio algunas lecciones introductorias, me prestó un telar de mesa, me inspiró con su maravillosa obra y me presentó a la

Asociación de Tejedoras de Mano de California del Sur. Además de animarme por los progresos que hacía en mi libro y por el empeño que ponía en mis primeras tejedurías, la asociación se convirtió en una valiosa fuente de materiales de referencia especializada. Quiero darles especialmente las gracias a Chantal Hoareau y Amy Clark, que gestionan su biblioteca de tres mil obras, y a Anna Zinsmeister, que me prestó algunos libros de dificilísima localización sobre la tejeduría del África Occidental.

Cuando la biblioteca de la familia Postrel ya no bastaba, Brian Frye me consiguió varias tesis inéditas y otras ignotas publicaciones. John Pearley Huffman viajó ex profeso a la biblioteca de la UCSB para escanear de forma apresurada las páginas que yo necesitaba. Alex Knell me hizo las veces de elfo documental, con sus idas y venidas a la UCLA cargado de libros. En los últimos años, muchos amigos míos, demasiados como para nombrarlos a todos, me han enviado enlaces a artículos relacionados con los textiles, publicados en la prensa popular. Doy las gracias de forma especial a Cosmo Wenman, Dave Bernstein, Christine Whittington y Richard Campbell.

La investigación que he realizado para *El tejido de la civilización* me ha hecho apreciar mucho más de lo habitual la cornucopia de materiales históricos y académicos disponibles en la red, gracias a sitios web como Academia.edu, ResearchGate y Google Books. El Internet Archive es un verdadero tesoro, donde se alojan copias de primeras ediciones que solo pueden hallarse en un puñado de bibliotecas. (Hago donaciones para apoyar el archivo y animo a mis lectores a que hagan lo mismo). Las fotos que aparecen en este libro reflejan sus contenidos, así como el extraordinario número de imágenes de dominio público que hoy comparten muchos de los más grandes museos del mundo.

Antes de que este libro existiera, hubo un artículo del año 2015 en la revista *Aeon* titulado «Perdiendo el hilo», que encontró su hogar cuando Sonal Chokshi, a quien debo mi más profundo agradecimiento, me presentó a Ross Andersen, que de modo tan competente lo publicó. Tras leer aquel ensayo, Ben Platt me invitó a escribir una propuesta de libro para la editorial Basic Books. Yo no me sentía muy preparada por entonces y cuando por fin lo estuve Ben había dejado la edición de

libros. Pero Leah Stecher se lo llevó de todas maneras a Basic Books. Las cosas iban a pedir de boca hasta que también ella dejó la industria. Lo que para un autor normalmente es una pesadilla se convirtió para mí en un auténtico placer, pues el devenir de las cosas me condujo hasta Claire Potter, que llegaría a ser una entusiasta y atentísima editora, y que enroló a Brandon Proia como segundo e inteligente par de ojos. A lo largo de todo este viaje, mis agentes, Sarah Chalfant, Jess Friedman y Alex Christie, han mostrado una profesionalidad infalible y nunca han cejado en su apoyo. Brynn Warriner cuidó del manuscrito durante el proceso de producción, Christina Palaia lo revisó y Judy Kip elaboró el índice onomástico.

Amy Alkon, Joan Kron, Janet Levi y Jonathan Rauch me ofrecieron sus puntos de vista en los primeros capítulos. Leslie Watkins leyó y comentó cada uno de los capítulos a medida que yo los iba escribiendo. Betchen Barber, Richard Campbell, Deirdre McCloskey, Grace Peng y Leslie Rodier leyeron el manuscrito final y me dieron valiosas orientaciones desde sus diferentes perspectivas. Annabelle Gurwitch y Kathryn Bowers hicieron una rápida lectura de arriba abajo mientras yo me afanaba en reescribir el prefacio. Cameron Taylor-Brown, Deborah Graham y Pat Sullivan aportaron una mirada nueva y su conocimiento de la tejeduría a la lectura de pruebas definitiva.

Tengo una inmensa deuda con Lynn Scarlet por prestarme su casa de Santa Bárbara para poder retirarme a escribir. Joan Kron me preparó más de un viaje por Nueva York, y me ofreció su inmejorable compañía, así como un precioso lugar en el que alojarme.

Cuando, con sumo temor, le pedí a David Shipley que me eximiese durante un año de mis columnas para el Bloomberg Opinion, no tardó nada en decirme: «Por supuesto». Les doy las gracias a él y a mis editores de opinión, Jon Landsman, Katy Roberts, Toby Harshaw, James Gibney, Mike Nizza, Stacey Schick y Brooke Sample. Gracias también a mi amigo y colega en el Bloomberg, Adam Minter, cuya investigación documental sobre el negocio global de las prendas de segunda mano se solapó a la mía; ojalá tengamos muchas más charlas acerca de los textiles.

La investigación para este libro recibió el apoyo de una generosa beca por parte del programa de la Fundación Alfred P. Sloan para la

Comprensión Pública de la Ciencia, la Tecnología y la Economía. Fue un gran honor recibir ese reconocimiento y no puedo sino sentirme agradecida en grado sumo por la ayuda financiera. Gracias a Doron Weber y Ali Chunovic por sus ánimos y su ayuda.

Este libro está dedicado a mis padres, Sam y Sue Inman, no solo porque son unos padres maravillosos, sino también porque *El tejido de la civilización* es un reflejo de su influencia intelectual: ciencia e historia por la parte de mi padre, arte por la de mi madre, escribir y «crear» por la de los dos. También está dedicado a Steven Postrel, mi mejor amigo y mi gran amor, el hombre indispensable de mi vida y el primer lector de todos mis trabajos: la constante urdimbre de mi trama.

GLOSARIO

abacista: profesor de aritmética en los primeros tiempos de la Edad Moderna italiana; también conocido como *maestro d'abaco* o *abbachista*.

abatanado: acción de golpear y frotar los tallos de lino secos para separar la fibra de la paja.

agente (factor): históricamente, tal y como aquí se utiliza, vocablo que designa un intermediario; su uso actual se refiere a una entidad que proporciona crédito basándose en las facturas que firma un fabricante.

agua de cebada: ácido producido al macerar cebada durante varios días, utilizado como tinte.

alizarina: compuesto para el tinte de color rojo anaranjado.

alquitrán: sedimento de diversos hidrocarburos que deja la producción de gas y coque procedentes del carbón; se convirtió en un nutriente para los nuevos tintes químicos.

alumbre: un potásico, o sulfato de aluminio y amonio, que servía de importante mordiente.

anilina: un compuesto alcaloide que se convirtió en el principal componente de los tintes químicos.

árbol: barra que sostiene y levanta una fila de lizos; a menudo se controla con un nivelador o pedal.

asanthene: rey asante.

aulnager: oficial del Gobierno británico que verificaba las telas de cardado y recolectaba los impuestos derivados de estas.

bistanclac: palabra lionesa, derivada de una onomatopeya, que se emplea para referirse a los telares que utilizan un accesorio Jacquard.

bobinado: acción de enrollar hebras hiladas o seda devanada en bobinas.

bogolán: tejido en el que unas franjas estrechas se unen por medio del cosido o la tejeduría para formar una tela más grande, muy común, sobre todo, en África; tanto las franjas como la tela final tienen, por lo general, tamaños estandarizados.

Bolinus brandaris: molusco también conocido como cañadilla que produce un tinte rojo violáceo.

Bombyx mori: gusano de seda que fabrica la seda domesticada.

bonwirehene: jefe a cargo de la tejeduría en el poblado asante de Bonwire, conocido por su tela kente.

brocado: tejido, a menudo elaborado con suntuosas hebras, que incorpora trama suplementaria para crear un motivo.

calada: espacio que queda entre las hebras de urdimbre subidas y bajadas, lo que permite el paso de la lanzadera que contiene la trama.

calcino: enfermedad que ataca al gusano de seda investigada por Agostino Bassi a principios del siglo XIX; también denominada *mal del segno,* muscardino, *calco* o *calcinaccio*.

calicó: tejido de algodón estampado, originario de la India, también conocido como *chintz* e indiano.

cambio seco: pago de una letra de cambio con otra.

charkha: rueca de la India, especialmente óptima para la hilatura de algodón.

chintz: tejido de algodón estampado, originario de la India, también conocido como *calicó* e indiano.

chōnin: ciudadanos del Japón del periodo Edo, plebeyos de bajo estatus social: entre ellos, los mercaderes.

cochinilla: valioso producto para el tinte hecho a partir de los cuerpos de pequeños insectos parasitarios que crecen en el cactus nopal, también conocido como chumbera; esta fuente cultivada en el Nuevo Mundo sustituyó al quermes silvestre.

corte: falda que se lleva como parte del conjunto tradicional maya, consistente en una larga pieza de tela, por lo general tejida en un telar de suelo, y asegurada con un cinturón muy ceñido.

devanado: acción de enrollar filamentos de seda extraídos de los capullos de seda sumergidos en agua tibia.

doble tela: tela en la que se tejen dos capas de manera simultánea.

enrollado: paso final del proceso de hilado, en el cual el hilo se agrupa en una madeja que preserva su torsión.

estiraje: primer paso en la hilatura de hebras en el que la hilandera estira al máximo un trozo de fibra todavía unido a una madeja limpia de lana, lino o algodón.

faja: cinto ancho y muy ceñido que forma parte del conjunto tradicional maya.

fibra cortada: fibra corta que debe hilarse para producir hebras (en oposición al filamento).

fibra de líber, o **fibra liberiana:** correoso tejido vascular que se encuentra en el interior del tronco o del tallo de una planta y es utilizado para hacer hilo, cordel o cuerda; entre las fibras liberianas pueden contarse el lino, la ortiga, el cáñamo, el yute, la lima y el sauce.

fieltro: tela creada mediante la fricción de fibras animales húmedas.

filamento: una fibra extrudida, continua, como la seda o las fibras sintéticas (al contrario que la *fibra cortada*).

fusayola: cono, disco o esfera de reducido tamaño hecho de un material duro con un agujero en el centro; como parte de la tortera, la fusayola añade peso e incrementa el momento cinético.

fustán: tejido que usa lino en las hebras de urdimbre y trama en algodón; el material producido recibía el nombre de «algodones» en la Inglaterra anterior a la Revolución Industrial.

gabella: tasa anual (oficialmente, una multa) que permitía a los florentinos de principios de la Edad Moderna vestir unas suntuosas prendas, de otro modo, prohibidas.

gasa de vuelta: estructura de tejido en el que unos pares de hebras de urdimbre se retuercen entre sí, con la trama por dentro de la torsión; también conocido simplemente como «gasa».

Gossypium arboreum: especie de algodón del Viejo Mundo originaria del subcontinente indio, a menudo llamada «algodonero» o «árbol del algodón».

Gossypium barbadense: especie del algodón de fibra larga que a veces es denominada «pima», «egipcia» o «algodón de las Sea Islands».

Gossypium herbaceum: una de las dos especies de algodón domesticado del Viejo Mundo, a veces llamado «algodón del Levante»; es el descendiente más cercano que aún perdura de la especie africana original, de la cual provienen todas las fibras de algodón.

grana: cualquiera de los muy apreciados tintes rojos hechos con los cuerpos de diminutos insectos.

Hexaplex trunculus: molusco, también conocido como «cornalina blanca», que produce diferentes tonalidades de tinte púrpura.

huipil: blusa maya hecha a partir de diferentes piezas de tejido en un telar de cintura, habitualmente con adornos en la trama suplementaria.

huso: palo o varilla empleada para sujetar las fibras que se preparan para la hilatura.

ikat: motivo en tela creado al atar firmemente un cordel alrededor de las hebras para tapar esas zonas antes del proceso de teñido. El ikat se distingue por la apariencia un poco borrosa de las figuras; si las hebras de trama y urdimbre están atadas, la tela recibe el nombre de «doble ikat».

iki: ideal de estilo desarrollado en el Japón del periodo Edo en el que la sutileza tiene un enorme valor.

indiano: tejido de algodón estampado, originario de la India, conocido también por los nombres de «calicó» y *chintz*.

indicán: precursor del índigo hallado en algunas plantas.

Indigofera tinctoria: legumbre del sur de Asia conocida como «índigo auténtico» en Europa.

indigotina: pigmento azul insoluble, conocido asimismo como «índigo», que se forma cuando el indoxil entra en contacto con el oxígeno.

indoxil: compuesto incoloro, altamente reactivo, que se produce cuando las hojas del índigo se cuartean y abren en el agua.

isatide: índigo europeo.

jaspe: ikat de Guatemala.

lampás: una compleja estructura de brocado que usa dos sistemas de urdimbre y al menos dos tramas.

letra de cambio: formulario que sirve para solicitar a un agente situado en otra ciudad el pago de una cierta cantidad a otra persona.

leucoíndigo: compuesto soluble formado cuando la indigotina se abre en un entorno alcalino. A veces recibe el nombre de «índigo blanco» por su color pálido.

leyes suntuarias: leyes que restringen el consumo, habitualmente en lo que respecta a los lujos, y a menudo con limitaciones acordes a la clase social.

ligamento sin adornos: estructura de tejido creada al alternar cada hebra de trama y de urdimbre; también se la conoce como *tabby*.

lizo: presilla o bucle de cordel o metal que se utiliza para subir y bajar las hebras de urdimbre.

malla vuelta: punto derecho inverso que, utilizado en conjunción al punto derecho, permite la creación de acanalados. En la calceta, cada nueva presilla, o bucle, pasa por arriba y a través de la anterior.

máquina de punto: forma primeriza de hacer punto de manera mecanizada, inventada en el siglo XVI.

memoria de núcleos cableados: memoria informática de solo lectura empleada en el programa Apolo.

memoria de núcleos magnéticos: forma temprana de memoria informática que utilizaba cables de cobre enhebrados con una cuenta de ferrita en cada intersección, lo que representaba un bit.

mise-en-carte: papel cuadriculado de gran tamaño que representaba un diseño para brocado.

molinaje: retorcer varios filamentos de seda juntos.

mordiente: un químico, por lo general una sal metálica, que hace que los tintes se adhieran de manera segura a las fibras.

nålbinding: una manera de crear telas usando una aguja roma para pasar las hebras a través de las presillas, o bucles, enrollados en torno al pulgar; al contrario que la calceta, que solo utiliza un extremo de la hebra, el *nålbinding* pasa toda la hebra por cada presilla, usando trozos bastante pequeños que se amalgaman entre sí mediante fricción cuando se terminan. La necesidad de amalgamarlos limita el *nålbinding* al uso de fibras animales.

nasīj: brocado de seda con hebras de oro empleado profusamente por los mongoles, también conocido como «tela tártara» o «tela de Tartaria».

organza: hebras de seda fuertes, multifilamentosas, que se usan como urdimbre.

palo brasil: producto para el tinte derivado del denso duramen de ciertos árboles tropicales. De él deriva el nombre del país.

pañero: vendedor de tejidos al por mayor.

pasada: una fila de trama.

patrón: diagrama para tejer un determinado motivo.

pebrina: enfermedad de los gusanos de seda que devastó la sericicultura europea en el siglo XIX, causada por un protozoo parasitario.

peine de telar: componente del telar parecido a un peine que mantiene la separación y el orden entre las hebras de urdimbre; puede combinarse con el batán.

poliploide: fenómeno por el cual un organismo hace dos copias de los cromosomas de cada progenitor en lugar de uno; el poliploidismo es muy frecuente en las plantas.

polivoltino: que se reproduce varias veces al año (se aplica a insectos, en particular, a los gusanos de seda).

punto derecho: el punto básico de la tejeduría. En la calceta, la nueva presilla (o bucle) se pasa por debajo y a través de la anterior.

purpurina: un compuesto de tinte púrpura.

qilin: criatura similar al dragón con pezuñas hendidas, que se usaba

como motivo en las túnicas de los individuos de mayor posición social durante la dinastía Ming.

quermes: valioso producto para el tinte de color rojo obtenido a partir de los cuerpos de insectos diminutos que viven en los robles europeos; a menudo recibe el nombre de «grana».

raso: estructura de tela suave tejida con pocas intersecciones de trama y urdimbre, y ordenada de manera que no crea las diagonales presentes en la sarga.

rastrillado: acción de peinar los tallos de lino para separar las fibras largas de la estopa corta y esponjosa.

rubia roja: tinte rojo muy versátil que proviene de las raíces de la *Rubia tinctorum*, una planta cuyo nombre más común es el de «rubia roja».

rueca: aparato que mecanizaba las dos primeras etapas de la hilatura, el estiramiento y la torsión de la fibra, utilizando una correa de transmisión.

sarga: estructura de tejido con canalé diagonal que se obtiene al pasar la trama por encima o por debajo de múltiples hebras de urdimbre consecutivas en un patrón secuencial, en lugar de un patrón alternado; cada nueva fila de trama modifica el patrón a su paso por una hebra de urdimbre.

scarsella: servicio frecuente de mensajería fundado por los mercaderes italianos a comienzos del siglo XVI; literalmente, significa «la bolsa del mensajero»; plural: *scarselle*.

semple: conjunto de las cuerdas verticales que controlan el alzado de las hebras de urdimbre por separado en un telar de tiro francés.

sericicultura: cría y recolección de los gusanos de seda.

Stramonita haemastoma: molusco también conocido como caracol «de roca» o de «boca roja», que produce un tinte de color rojo violáceo.

tadeai: índigo japonés, *Persicaria tinctoria,* también conocido como *Polygonum tinctorium* y «persicaria».

tafetán: ligamento sin adornos como alternativa a la gasa de vuelta.

tapiz: tejido en el que las hebras de trama estructurales crean motivos en colores discontinuos al tiempo que oscurecen por completo la urdimbre.

tártaro blanco: sedimento producido por la fermentación del vino, usado como tinte.

tela kente: tira de tela del África Occidental que se distingue por sus bloques alternos de motivos con efecto por urdimbre y efecto por trama; el término a menudo se utiliza de manera coloquial para referirse a las telas con motivos derivados de los diseños kente.

telar de Jacquard: telar con un accesorio que permite seleccionar de forma individual las hebras de urdimbre para crear un motivo; mientras que en su origen funcionaban por medio de tarjetas perforadas mecánicas, en la actualidad los telares de Jacquard utilizan controladores computarizados.

telar de tiro: telar de suelo grande en el que un ayudante de la tejedora (denominado en ocasiones «chico» o «chica de tiro») controla el alzado de cada hebra individual de la urdimbre para crear un motivo en brocado.

torsión: segundo paso de la hilatura en el que varias fibras individuales

se combinan para formar una hebra continua.

tortera: mecanismo en dos partes para la hilatura de hebras consistente en un palo con una fusayola en el extremo.

traje: conjunto tradicional maya que se viste en Guatemala.

trama: hebras entrelazadas de modo horizontal entre la urdimbre subida o bajada para crear un tejido, a menudo más suave que la urdimbre.

trama suplementaria: hebras de trama que se insertan por encima y por debajo de las hebras de urdimbre individualmente escogidas para añadir un motivo a la tela; no constituyen un componente estructural de esta.

urdimbre: hebras sólidas, sujetas por tensión, y que eran subidas o bajadas para crear aberturas por las que cruzar la trama.

vaðmál: tela de sarga estandarizada que se usaba como moneda de curso legal en la Islandia del Medievo.

vencimiento: periodo tras el cual una letra de cambio deberá ser pagada; en su origen se desarrolló para dar tiempo a que a los agentes emplazados en ciudades remotas se les notificase que iba a llegarles dicha letra.

1. Sylvia L. Horwitz, *The Find of a Lifetime: Sir Arthur Evans and the Discovery of Knossos* (Nueva York: Viking, 1981); Arthur J. Evans, *Scripta Minoa: The Written Documents of Minoan Crete with Special Reference to the Archives of Knossos*, vol. 1 (Oxford: Clarendon Press, 1909), 195-199; Marie-Louise Nosch, «What's in a Name? What's in a Sign? Writing Wool, Scripting Shirts, Lettering Linen, Wording Wool, Phrasing Pants, Typing Tunics», en *Verbal and Nonverbal Representation in Terminology, Proceedings of the TOTh 2013 Workshop*, Copenhague, 8 de noviembre de 2013, ed. Peder Flemestad, Lotte Weilgaard Christensen y Susanne Lervad (Copenhague: SAXO, Københavns Universitet, 2016), 93-115; Marie-Louise Nosch, «From Texts to Textiles in the Aegean Bronze Age», en *KOSMOS: Jewellery, Adornment and Textiles in the Aegean Bronze Age, Proceedings of the 13th International Aegean Conference/13e Rencontre Égéenne Internationale*, University of Copenhagen, Danish National Research Foundation's Centre for Textile Research, 21-26 de abril de 2010, ed. Marie-Louise Nosch y Robert Laffineur(Lovaina: Peeters , 2012), 46.

2. La «tercera ley» de Clarke afirma que cualquier tecnología lo suficientemente avanzada es indistinguible de la magia. Véase «Leyes de Clarke», *Wikipedia*, última modificación: 8 de abril de 2021: *https://es.wikipedia.org/wiki/Leyes_de_Clarke*.

3. Para una visión general de los problemas a la hora de definir una civilización, véase Cristian Violatti, «Civilization: Definition», en *Ancient History Encyclopedia*, 4 de diciembre de 2014, www.ancient.eu/civilization/. La definición aquí citada proviene de Mordecai M. Kaplan, *Judaism as a Civilization: Toward a Reconstruction of AmericanJewish Life* (Filadelfia: Jewish Publication Society of America, 1981), 179.

4. Jerry Z. Muller, *Adam Smith in His Time and Ours: Designing the Decent Society* (Nueva York: Free Press, 1993), 19.

5. Marie-Louise Nosch, «The Loom and the Ship in Ancient Greece: Shared Knowledge, Shared Terminology, Cross-Crafts, or Cognitive Maritime-Textile Archaeology?», en *Weben und Gewebe in der Antike: Materialität - Repräsentation - Episteme - Metapoetik*, ed. Henriette Harich-Schwarzbauer (Oxford: Oxbow Books, 2015), 109-132. «Histología», o estudio de los tejidos, proviene de la misma palabra (*histós*), mientras que «tejido» proviene de *texere*.

6. *teks-*, *www.etymonline.com/word/*teks-#etymonline_v_52573*; Ellen Harlizius-Klück, «Arithmetics and Weaving from Penelope's Loom to Computing», Münchner Wissenschaftstage (cartel), 18-21 de octubre de 2008; Patricia Marks Greenfield, *Weaving Generations Together: Evolving Creativity in the Maya of Chiapas* (Santa Fe, NM: School of American Research Press, 2004), 151; *sutra*, *www.etymonline.com/word/sutra; tantra*, *www.etymonline.com/word/tantra*; Chen Weiji, ed., *History of Textile Technology of Ancient China* (Nueva York: Science Press, 1992), 2.

7. David Hume, «Of Refinement in the Arts», en *Essays: Moral, Political, and Literary*, ed. Eugene F. Miller (Indianápolis: Liberty Fund, 1987), 273, *www.econlib.org/library/LFBooks/Hume/hmMPL25.html*. Existe la siguiente traducción en español: David Hume, *Ensayos morales, políticos y literarios*. Edición, prólogo y notas de Eugene F. Miller. Traducción de Carlos Martín Ramírez. Madrid: Trotta, 2011.

1. Elizabeth Wayland Barber, *Women's Work: The First 20,000 Years: Women, Cloth, and Society in Early Times* (Nueva York: W. W. Norton, 1994), 45.

2. Karen Hardy, «Prehistoric String Theory: How Twisted Fibres Helped Shape the World», *Antiquity* 82, n.º 316 (junio de 2008) 275. Los actuales habitantes de Papúa Nueva Guinea tienden a emplear el hilo disponible en el mercado para hacer las versátiles bolsas de malla hechas con cuerda llamadas *bilums*, lo que brinda, a su vez, un abanico más amplio de colores y

texturas. Barbara Andersen, «Style and SelfMaking: String Bag Production in the Papua New Guinea Highlands», *Anthropology Today* 31, n.º 5 (octubre de 2015): 16-20.

3. M. L. Ryder, *Sheep & Man* (Londres: Gerald Duckworth & Co., 1983), 3-85; Melinda A. Zeder, «Domestication and Early Agriculture in the Mediterranean Basin: Origins, Diffusion, and Impact», *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America* 105, n.º 33 (19 de agosto de 2008): 11597-11604; Marie-Louise Nosch, «The Wool Age: Traditions and Innovations in Textile Production, Consumption and Administration in the Late Bronze Age Aegean» (artículo presentado en el Simposio Bienal de la Sociedad Textil de América [2014]: *New Directions: Examining the Past, Creating the Future,* Los Ángeles, CA, 10-14 de septiembre de 2014).

4. En la terminología contemporánea, el *aceite de linaza,* que no es apto para el consumo humano a causa de su procesado, a veces se distingue del *aceite de lino*, el cual se suele ingerir como complemento nutricional. En la época prehistórica no había ninguna diferencia entre ambos tipos de aceite, salvo su uso, e incluso hoy día el *aceite de linaza* puede referirse a cualquier aceite hecho mediante el prensado de lino.

5. Ehud Weiss y Daniel Zohary, «The Neolithic Southwest Asian Founder Crops: Their Biology and Archaeobotany», Suplemento de *Current Anthropology* 52, n.º S4 (octubre de 2011): S237-S254; Robin G. Allaby, Gregory W. Peterson, David Andrew Merriwether y Yong-Bi Fu, «Evidence of the Domestication History of Flax (*Linum usitatissimum L.*) from Genetic Diversity of the sad2 Locus», *Theoretical and Applied Genetics* 112, n.º 1 (enero de 2006): 58-65. Hay un amplísimo debate académico acerca de si las alteraciones de las plantas fueron voluntarias o involuntarias, puesto que solo podemos observar los tipos de cambios, no lo que pensaban los humanos que los llevaron a cabo. Aunque el análisis genético muestra indicios de cría selectiva, no es menos cierto que una profusa plantación hace que el lino se desarrolle hasta alcanzar una mayor altura.

6. Hay muestras de hilo de lino cuya datación por radiocarbono arroja una antigüedad de 8.850 años con un margen de error de ± 90 años, y de 9.210 años ± 300. Las muestras de tejido anudado o torsionado alcanzan una antigüedad de 8.500 años, ± 220, y de 8.810 años, ± 120 años. Tamar Schick, «Cordage, Basketry, and Fabrics», en *Nahal Hemar Cave*, ed. Ofer Bar-Yosef y David Alon (Jerusalem: Israel Department of Antiquities and Museums, 1988), 31-38.

7. Jonathan Wendel, entrevistas con la autora, 21 de septiembre de 2017 y 26 de septiembre de 2017, y correo electrónico a la autora, 30 de septiembre de 2017; Susan V. Fisk, «Not Your Grandfather's Cotton», Crop Science Society of America, 3 de febrero de 2016, *www.sciencedaily.com/releases/2016/02/160203150540.htm*; Jonathan Wendel, «Phylogenetic History of *Gossypium*», vídeo, *www.eeob.iastate.edu/faculty/WendelJ/*; J. F. Wendel, «New World Tetraploid Cottons Contain Old World Cytoplasm», *Proceedings of the National Academy of Science USA* 86, n.º 11 (junio de 1989): 4132-4136; Jonathan F. Wendel y Corrinne E. Grover, «Taxonomy and Evolution of the Cotton Genus, *Gossypium*», en *Cotton*, ed. David D. Fang y Richard G. Percy (Madison, WI: American Society of Agronomy, 2015), 25-44, *www.botanicaamazonica.wiki.br/labotam/ lib/exe/fetch.php?media=bib:wendel2015.pdf*; Jonathan F. Wendel, Paul D. Olson y James McD. Stewart, «Genetic Diversity, Introgression, and Independent Domestication of Old World Cultivated Cottons», *American Journal of Botany* 76, n.º 12 (diciembre de 1989): 1795-1806; C. L. Brubaker, F. M. Borland y J. F. Wendel, «The Origin and Domestication of Cotton», en *Cotton: Origin, History, Technology, and Production*, ed. C. Wayne Smith y J. Tom Cothren (Nueva York: John Wiley, 1999), 3-31.

8. Otra posibilidad es que el algodón que maduraba antes resistiera las plagas, como sucedía con el gorgojo del algodón en el sur de los Estados Unidos.

9. Elizabeth Baker Brite y John M. Marston, «Environmental Change, Agricultural Innovation, and the Spread of Cotton Agriculture in the Old World», *Journal of Anthropological Archaeology* 32, n.º 1 (marzo de 2013): 39-53; Mac Marston, entrevista con la autora, 20 de julio de 2017; Liz Brite, entrevista con la autora, 30 de junio de 2017; Elizabeth Baker Brite, Gairatdin Khozhaniyazov, John M. Marston, Michelle Negus Cleary y Fiona J. Kidd, «Kara-tepe, Karakalpakstan: Agropastoralism in a Central Eurasian Oasis in the 4th/5th Century A.D. Transition», *Journal of Field Archaeology* 42 (2017): 514-529, *http://dx.doi.org/10.1080/00934690.2017.1365563*.

10. Kim MacQuarrie, *The Last Days of the Incas* (Nueva York: Simon & Schuster, 2007), 27-28, 58, 60; David Tollen, «Pre-Columbian Cotton Armor: Better than Steel», Pints of History, 10 de agosto de 2011, *https://pintsofhistory.com/2011/08/10/mesoamerican-cotton-armor-better-than-steel/*; Frances Berdan y Patricia Rieff Anawalt, *The Essential Codex Mendoza* (Berkeley: University of California Press, 1997), 186.

11. El algodón de las Sea Islands es una variedad de la *Gossypium barbadense*, la especie que empezó cultivándose en Perú; el algodón Pima de tallo largo, y su variante registrada, la Supima, también forman parte de esta especie, así como algunos de los llamados algodones egipcios. Ciertos tipos de *Gossypium hirsutum*, la especie de fibra corta que al principio se cultivaba en la península del Yucatán, son variedades más comunes del algodón de las «tierras altas». En la actualidad, la *G. hirsutum* supone el 90 por ciento del algodón comercial de todo el mundo, mientras que el resto pertenece a la *G. barbadense.* Una variedad, ya se genere al azar en la naturaleza o se cultive de manera intencionada para potenciar determinados rasgos, es una manifestación particular de la misma especie, de la misma forma en que un caniche y un gran danés son perros.

12. Jane Thompson-Stahr, *The Burling Books: Ancestors and Descendants of Edward and Grace Burling, Quakers (1600-2000)* (Baltimore: Gateway Press, 2001), 314-322; Robert Lowry y William H. McCardle, *A History of Mississippi for Use in Schools* (Nueva York: University Publishing Company, 1900), 58-59.

13. John Hebron Moore, «Cotton Breeding in the Old South», *Agricultural History* 30, n.º 3 (julio de 1956): 95-104; Alan L. Olmstead y Paul W. Rhode, *Creating Abundance: Biological Innovation and American Agricultural Development* (Cambridge: Cambridge University Press, 2008), 98-133; O. L. May y K. E. Lege, «Development of the World Cotton Industry» en *Cotton: Origin, History, Technology, and Production,* ed. C. Wayne Smith y J. Tom Cothren (Nueva York: John Wiley & Sons, 1999), 77-78.

14. Gavin Wright, *Slavery and American Economic Development* (Baton Rouge: Louisiana State University Press, 2006), 85; Dunbar Rowland, *The Official and Statistical Register of the State of Mississippi 1912* (Nashville, TN: Press of Brandon Printing, 1912), 135-136.

15. Edward E. Baptist, «"Stol' and Fetched Here": Enslaved Migration, Ex-slave Narratives, and Vernacular History», en *New Studies in the History of American Slavery*, ed. Edward E. Baptist y Stephanie M. H. Camp (Athens: University of Georgia Press, 2006), 243-274; Federal Writers' Project of the Works Progress Administration, *Slave Narratives: A Folk History of Slavery in the United States from Interviews with Former Slaves*, vol. IX (Washington D. C.: Library of Congress, 1941), 151-156, *www.loc.gov/resource/ mesn.090/?sp=155*.

16. En 1860, en vísperas de la guerra civil, los Estados Unidos producían 4,56 millones de fardos de algodón, una cifra que descendió a 4,4 millones en 1870 y repuntó a 6,6 millones en 1880. En el sur, entre 1860 y 1870, el número de granjas productoras de algodón cuyo tamaño alcanzase las 40 hectáreas aumentó un 55 por ciento, al tiempo que las antiguas plantaciones quebraban o se vendían. Las gentes del sur, tanto blancos como negros, trabajaban ahora en las

granjas, ya fuera en sus propias tierras, como aparceros, o como mano de obra pagada. La década de 1880 vio la llegada de una fertilización eficaz y nuevas variedades de algodón con cápsulas de mayor tamaño, lo que facilitaba su recogida. May y Lege, «Development of the World Cotton Industry», 84-87; David J. Libby, *Slavery and Frontier Mississippi, 17201835* (Jackson: University Press of Mississippi, 2004), 37-78. Para las ventajas y efectos que la productividad proporcionaba a quienes detentaban los derechos de propiedad de los esclavos, véase Wright, *Slavery and American Economic Development*, 83-122.

17. Cyrus McCormick, *The Century of the Reaper* (Nueva York: Houghton Mifflin, 1931), 1-2, *https://archive.org/details/centuryofthereap000250mbp/page/n23*; Bonnie V. Winston, «Jo Anderson», *Richmond Times-Dispatch*, 5 de febrero de 2013, *www. richmond.com/special-section/black-history/jo-anderson/article_277b0072-700a-11e2-bb3d001a4bcf6878.html*.

18. Moore, «Cotton Breeding in the Old South», 99-101; M. W. Philips, «Cotton Seed», *Vicksburg (MS) Weekly Sentinel*, 28 de abril de 1847, 1. Para saber más sobre Philips, véase Solon Robinson, *Solon Robinson, Pioneer and Agriculturist: Selected Writings*, vol. II, ed. Herbert Anthony Kellar (Indianápolis: Indiana Historical Bureau, 1936), 127-131.

19. Alan L. Olmstead y Paul W. Rhode, «Productivity Growth and the Regional Dynamics of Antebellum Southern Development» (NBER Working Paper n.º 16494, Development of the American Economy, National Bureau of Economic Research, octubre de 2010); Olmstead y Rhode, *Creating Abundance,* 98-133; Edward E. Baptist, en *The Half Has Never Been Told: Slavery and the Making of American Capitalism* (Nueva York: Basic Books, 2014), 111-144, argumenta que el auge de la productividad surgió cuando se emplearon métodos más férreos de control y tortura de los esclavos, métodos con los que los esclavos recogían el algodón con mayor eficacia. No obstante, eso no explica el enorme aumento de la productividad, mientras que los efectos de las nuevas semillas están muy documentados. Una mejor interpretación de las evidencias es que los gestores de las plantaciones obligaban a que sus esclavos recogieran el algodón tan rápido como lo permitía la tecnología de semillas. John E. Murray, Alan L. Olmstead, Trevon D. Logan, Jonathan B. Pritchett y Peter L. Rousseau, «Roundtable of Reviews for *The Half Has Never Been Told*», *Journal of Economic History* (septiembre de 2015): 919-931; «Baptism by Blood Cotton», Pseudoerasmus, 12 de septiembre de 2014, *https://pseudoerasmus.com/2014/09/12/baptism-by-blood-cotton/*, y «The Baptist Question Redux: Emancipation &Cotton Productivity», Pseudoerasmus, 5 de noviembre de 2015, *https://pseudoerasmus.com/2015/11/05/bapredux/*.

20. Yuxuan Gong, Li Li, Decai Gong, Hao Yin y Juzhong Zhang, «Biomolecular Evidence of Silk from 8,500 Years Ago», *PLOS One* 11, n.º 12 (12 de diciembre de 2016): e0168042, *http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0168042*; «World's Oldest Silk Fabrics Discovered in Central China», *Archaeology News Network*, 5 de diciembre de 2019, *https://archaeologynewsnetwork.blogspot.com/2019/12/worlds-oldest-silk-fabrics-discovered.html*; Dieter Kuhn, «Tracing a Chinese Legend: In Search of the Identity of the "First Sericulturalist"», *T'oung Pao*, n.os 4/5 (1984): 213-245.

21. Angela Yu-Yun Sheng, *Textile Use, Technology, and Change in Rural Textile Production in Song, China (960-1279)* (tesis doctoral inédita, Universidad de Pensilvania, 1990), 185-186.

22. Sheng, *Textile Use, Technology, and Change*, 23-40, 200-209.

23. J. R. Porter, «Agostino Bassi Bicentennial (1773-1973)», *Bacteriological Reviews* 37, n.º 3 (septiembre 1973): 284-288; Agostino Bassi, *Del Mal del Segno Calcinaccio o Moscardino* (Lodi: Dalla Tipografia Orcesi, 1835), 1-16, traducciones de la autora; George H. Scherr, *Why Millions Died* (Lanham, MD: University Press of America, 2000), 7898, 141-152; Seymour S. Block, «Historical Review», en *Disinfection, sterilization, and preservation*, 5.ª ed., ed. Seymour Stanton Block (Filadelfia: Lippincott Williams & Wilkins, 2001), 12.

24. Patrice Debré, *Louis Pasteur* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2000), 177-218; Scherr, *Why Millions Died*, 110.

25. «The Cattle Disease in France», *Journal of the Society of the Arts*, 30 de marzo de 1866, 347; Omori Minoru, «Some Matters in the Study of von Siebold from the Past to the Present and New Materials Found in Relation to Siebold and His Works», *Historia scientiarum: International Journal of the History of Science Society of Japan*, n.º 27 (septiembre de 1984): 96.

26. Tessa Morris-Suzuki, «Sericulture and the Origins of Japanese Industrialization», *Technology and Culture* 33, n.º 1 (enero de 1992): 101-121.

27. Debin Ma, «The Modern Silk Road: The Global Raw-Silk Market, 1850-1930», *Journal of Economic History* 56, n.º 2 (junio de 1996): 330-355, *http://personal·lse.ac.uk/mad1/ma_pdf_files/modern%20silk%20road.pdf*; Debin Ma, «Why Japan, Not China, Was the First to Develop in East Asia: Lessons from Sericulture, 1850-1937», *Economic Development and Cultural Change* 52, n.º 2 (enero de 2004): 369-394, *http://personal·lse.ac.uk/mad1/ma_pdf_files/edcc%20sericulture.pdf*.

28. David Breslauer, Sue Levin, Dan Widmaier y Ethan Mirsky, entrevistas con la autora, 19 de febrero de 2016; Sue Levin, entrevista con la autora, 10 de agosto de 2015; Jamie Bainbridge y Dan Widmaier, entrevistas con la autora, 8 de febrero de 2017; Dan Widmaier, entrevistas con la autora, 21 de marzo de 2018 y 1 de mayo de 2018.

29. Mary M. Brooks, «"Astonish the World with... Your New Fiber Mixture": Producing, Promoting, and Forgetting Man-Made Protein Fibers», en *The Age of Plastic: Ingenuity and Responsibility (Proceedings of the 2012 MCI Symposium)*, ed. Odile Madden, A. Elena Charola, Kim Cullen Cobb, Paula T. DePriest y Robert J. Koestler (Washington D. C.: Smithsonian Institution Scholarly Press, 2017), 36-50, *https://smithsonian.figshare.com/articles/The_Age_of_Plastic_Ingenuity_and_Responsibility_Proceedings_of_the_2012_MCI_Symposium_/9761735*; National Dairy Products Corporation, «The Cow, the Milkmaid and the Chemist», *www.jumpingfrog.com/images/epm10jun01/era8037b.jpg*; British Pathé, *Making Wool from Milk (1937)*, vídeo de YouTube, 1:24, 13 de abril de 2014, *www.youtube.com/watch?v=OyLnKz7uNMQ&feature=youtu.be*; Michael Waters, «How Clothing Made from Milk Became the Height of Fashion in Mussolini's Italy», Atlas Obscura, 28 de julio de 2017, *www.atlasobscura.com/articles/ lanital-milk-dress-qmilch*; Maggie Koerth-Baker, «Aralac: The "Wool" Made from Milk», *Boing Boing*, 28 de octubre de 2012, *https://boingboing.net/2012/10/28/aralac-the-woolmade-from.html*.

30. Dan Widmaier, entrevista con la autora, 16 de diciembre de 2019.

1. «Hilo» y «hebra» son sinónimos y aquí se entienden como términos intercambiables. En la industria textil, «hilo» se refiere, por lo general, a todas las hebras empleadas para tejer o hacer punto, mientras que «hebra» a menudo se refiere de manera específica al hilo de bordado o costura. El término «cordel» se reserva habitualmente a las cuerdas que se usan para atar o liar cosas, aunque todo hilo o hebra son también cordeles.

2. Cordula Grewe, «Shaping Reality through the Fictive: Images of Women Spinning in the Northern Renaissance», *RACAR: Revue d'Art Canadienne/Canadian Art Review* 19, n.os 1-2 (1992): 11-12.

3. Patricia Baines, *Spinning Wheels, Spinners and Spinning* (Londres: B. T. Batsford, 1977), 88-89.

4. Dominika Maja Kossowska-Janik, «Cotton and Wool: Textile Economy in the Serakhs Oasis during the Late Sasanian Period, the Case of Spindle Whorls from Gurukly Depe (Turkmenistan)», *Ethnobiology Letters* 7, n.º 1 (2016): 107-116.

5. Elizabeth Barber, entrevista con la autora, 22 de octubre de 2016; E. J. W. Barber,

Prehistoric Textiles: The Development of Cloth in the Neolithic and Bronze Ages with Special Reference to the Aegean (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1991), xxii.

6. Steven Vogel, *Why the Wheel Is Round: Muscles, Technology, and How We Make Things Move* (Chicago: University of Chicago Press, 2016), 205-208.

7. Sally Heaney, «From Spinning Wheels to Inner Peace», *The Boston Globe*, 23 de mayo de 2004, *http://archive.boston.com/news/local/articles/2004/05/23/from_spinning_wheels_to_inner_peace/*.

1* En el original, *spinning bees,* que históricamente se refiere a las comunas de hilanderas del siglo XVIII, patrocinadas por grupos rebeldes como las Hijas de la Libertad. Para evitar que los colonos dependieran de la producción británica (y para reducir las cargas impositivas que recaían sobre las Trece Colonias), las mujeres se reunían en lugares públicos y tejían telas caseras. De esta manera, eludían la obligación de comprar prendas inglesas, aunque aquella flagrante oposición a las políticas inglesas dejaba a las hilanderas comunales fuera de la ley. Lo que Celia Fiennes vio en Inglaterra fue un fantasma del futuro, el germen del movimiento americano en suelo inglés. *(N. del T.)*

8. Giovanni Fanelli, *Firenze: Architettura e città* (Florencia: Vallecchi, 1973), 125-126; Celia Fiennes, *Through England on a Side Saddle in the Time of William and Mary* (Londres: Field & Tuer, 1888), 119; Yvonne Elet, «Seats of Power: The Outdoor Benches of Early Modern Florence», *Journal of the Society of Architectural Historians* 61, n.º 4 (diciembre de 2002): 451, 466n; Sheilagh Ogilvie, *A Bitter Living: Women, Markets, and Social Capital in Early Modern Germany* (Oxford: Oxford University Press, 2003), 166; Hans Medick, «Village Spinning Bees: Sexual Culture and Free Time among Rural Youth in Early Modern Germany», en *Interest and Emotion: Essays on the Study of Family and Kinship,* ed. Hans Medick y David Warren Sabean (Nueva York: Cambridge University Press, 1984), 317-339.

9. Tapan Raychaudhuri, Irfan Habib y Dharma Kumar, ed., *The Cambridge Economic History of India: Volume 1, c. 1200-c. 1750* (Cambridge: Cambridge University Press, 1982), 78.

10. Rachel Rosenzweig, *Worshipping Aphrodite: Art and Cult in Classical Athens* (Ann Arbor: University of Michigan Press, 2004), 69; Marina Fischer, «Hetaira's Kalathos: Prostitutes and the Textile Industry in Ancient Greece», *Ancient History Bulletin*, 2011, 9-28, *www.academia.edu/12398486/Hetaira_s_Kalathos_Prostitutes_and_the_Textile_Industry_in_Ancient_Greece*.

11. Linda A. Stone-Ferrier, *Images of Textiles: Weave of Seventeenth-Century Dutch Art and Society* (Ann Arbor: UMI Research Press, 1985), 83-117; *Incogniti Scriptoris nova Poemata, ante hac nunquam edita, Nieuwe Nederduytsche, Gedichten ende Raedtselen*, 1624, traducción de Linda A. Stone-Ferrier, *https://archive.org/details/ned-kbn-all-00000845-001*.

12. Susan M. Spawn, «Hand Spinning and Cotton in the Aztec Empire, as Revealed by the *Codex Mendoza*», en *Silk Roads, Other Roads: Textile Society of America 8th Biennial Symposium,* 26-28 de septiembre de 2002, Smith College, Northampton, MA, *https://digitalcommons.unl.edu/tsaconf/550/*; Frances F. Berdan and Patricia Rieff Anawalt, *The Essential Codex Mendoza* (Berkeley: University of California Press, 1997), 158-164.

13. Constance Hoffman Berman, «Women's Work in Family, Village, and Town after 1000 CE: Contributions to Economic Growth?», *Journal of Women's History* 19, n.º 3 (otoño de 2007): 10-32.

14. Se presuponen para este cálculo 1,60 metros de un tejido de 1,50 metros de ancho, o un total de casi 10.000 centímetros cuadrados, con 62 hilos de urdimbre y 40 hilos de trama cada 2,5 centímetros cuadrados.

15. El *denim* suele emplear un hilo de urdimbre que alcanza los cinco kilómetros por cada medio kilo, y un hilo de trama que alcanza los cuatro kilómetros y medio por cada medio kilo. «Weaving with Denim Yarn», *Textile Technology* (blog), 21 de abril de 2009, *https://textiletechnology.wordpress.com/2009/04/21/weaving-withdenim-yarn/*; Cotton Incorporated, «An Iconic Staple», *Lifestyle Monitor*, 10 de agosto de 2016, *http://lifestylemonitor.cottoninc.com/an-iconic-staple/*; A. S. Bhalla, «Investment Allocation and Technological Choice—A Case of Cotton Spinning Techniques», *The Economic Journal* 74, n.º 295 (septiembre de 1964): 611-622, emplea aproximadamente 25 kilos de hilo en 300 días, o medio kilo en 6 días.

16. (Nota del traductor: la autora se refiere a *twin sheets* y *queen-size sheets,* que no existen como tales en España). Una *twin sheet* mide 1,80 metros por 2,5 metros, aproximadamente 18.600 centímetros cuadrados. Si contamos 250 hilos por cada 2,5 centímetros cuadrados, el total asciende a 4.663.440 centímetros cuadrados, o 47 kilómetros. Una sábana *queen-size* mide 1,82 metros por 2,60 metros, o 18.654 centímetros cuadrados, lo que equivale a 5.959.384 centímetros, casi 60 kilómetros.

17. R. Patterson, «Wool Manufacture of Halifax», *Quarterly Journal of the Guild of Weavers, Spinners, and Dyers*, 18-19 de marzo de 1958. Patterson menciona una tasa de hilado de medio kilo de lana/12 horas al día para un hilo de peso medio. El cálculo presupone 1.100 metros cada medio kilo. Merrick Posnansky, «Traditional Cloth from the Ewe Heartland», en *History, Design, and Craft in West African Strip-Woven Cloth: Papers Presented at a Symposium Organized by the National Museum of African Art, Smithsonian Institution,* 18-19 de febrero de 1988 (Washington D. C.: Museo Nacional de Arte Africano, 1992), 127-128. Posnansky explica que se tardó un mínimo de dos días para hilar una madeja de algodón y que una prenda de mujer requería de un mínimo de diecisiete madejas. Las dimensiones varían, pero una prenda de mujer ewe mide aproximadamente un metro por dos.

18. Ed Franquemont, «Andean Spinning... Slower by the Hour, Faster by the Week», en *Handspindle Treasury: Spinning Around the World* (Loveland, CO: Interweave Press, 2011), 13-14. Franquemont escribe que se tardaron «algo más de 20 horas de trabajo en hilar medio kilo de hilo», lo que se traduce en 44 horas para hilar un kilo.

19. Eva Andersson, Linda Mårtensson, Marie-Louise B. Nosch y Lorenz Rahmstorf, «New Research on Bronze Age Textile Production», *Bulletin of the Institute of Classical Studies* 51 (2008): 171-174. El kilómetro conlleva 10 hilos por centímetro cuadrado, lo cual es una cantidad significativamente inferior a los 102 hilos de los habituales 2,5 centímetros cuadrados de *denim.* Esa densidad se pasa por alto en este cálculo. La cifra resultante (3.780 pulgadas cuadradas) es equivalente a 2,4 metros cuadrados.

20. Mary Harlow, «Textile Crafts and History», en *Traditional Textile Craft: An Intangible Cultural Heritage*?, 2.ª edición, ed. Camilla Ebert, Sidsel Frisch, Mary Harlow, Eva Andersson Strand y Lena Bjerregaard (Copenhague: Centre for Textile Research, 2018), 133-139.

21. Eva Andersson Strand, «Segel och segelduksproduktion i arkeologisk kontext», en *Vikingetidens sejl: Festsrift tilegnet Erik Andersen*, ed. Morten Ravn, Lone Gebauer Thomsen, Eva Andersson Strand y Henriette Lyngstrøm (Copenhague: SaxoInstituttet, 2016), 24; Eva Andersson Strand, «Tools and Textiles—Production and Organisation in Birka and Hedeby», en *Viking Settlements and Viking Society: Papers from the Proceedings of the Sixteenth Viking Congress*, ed. Svavar Sigmunddsson (Reikiavik: University of Iceland Press, 2011), 298-308; Lise Bender Jørgensen, «The Introduction of Sails to Scandinavia: Raw Materials, Labour and Land», *N-TAG TEN. Proceedings of the 10th Nordic TAG Conference at Stiklestad, Norway 2009* (Oxford: Archaeopress, 2012); Claire Eamer, «No Wool, No Vikings», *Hakai Magazine*, 23 de febrero de 2016, *www. hakaimagazine.com/features/no-wool-no-vikings/*.

22. Ragnheidur Bogadóttir, «Fleece: Imperial Metabolism in the Precolumbian Andes», en *Ecology and Power: Struggles over Land and Material Resources in the Past, Present and Future*, ed. Alf Hornborg, Brett Clark y Kenneth Hermele (Nueva York: Routledge, 2012), 87, 90.

23. Luca Mola, *The Silk Industry of Renaissance Venice* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2003), 232-234.

24. Dieter Kuhn, «The Spindle-Wheel: A Chou Chinese Invention», *Early China* 5 (1979): 14-24, *https://doi.org/10.1017/S0362502800006106*.

25. Flavio Crippa, «Garlate e l'Industria Serica», *Memorie e Tradizioni*, Teleunica, 28 de enero de 2015. Traducción de la autora basada en la transcripción preparada por Dalila Cataldi, 25 de enero de 2017. Flavio Crippa, entrevistas con la autora, 27 y 29 de marzo de 2017; correo electrónico a la autora, 14 de mayo de 2018.

26. Carlo Poni, «The Circular Silk Mill: A Factory Before the Industrial Revolution in Early Modern Europe», en *History of Technology*, vol. 21, ed. Graham HollisterShort (Londres: Bloomsbury Academic, 1999), 65-85; Carlo Poni, «Standards, Trust and Civil Discourse: Measuring the Thickness and Quality of Silk Thread», en *History of Technology*, vol. 23, ed. Ian Inkster (Londres, Bloomsbury Academic, 2011), 1-16; Giuseppe Chicco, «L'innovazione Tecnologica nella Lavorazione della Seta in Piedmonte a Metà Seicento», *Studi Storici*, enero-marzo de 1992, 195-215.

27. Roberto Davini, «A Global Supremacy: The Worldwide Hegemony of the Piedmontese Reeling Technologies, 1720s-1830s», en *History of Technology*, vol. 32, ed. Ian Inkster (Londres, Bloomsbury Academic, 2014), 87-103; Claudio Zanier, «Le Donne e il Ciclo della Seta», en *Percorsi di Lavoro e Progetti di Vita Femminili*, ed. Laura Savelli y Alessandra Martinelli (Pisa: Felici Editore), 25-46; Claudio Zanier, correos electrónicos a la autora, 17 y 29 de noviembre de 2016.

28. John Styles, entrevista con la autora, 16 de mayo de 2018.

29. Arthur Young, *A Six Months Tour through the North of England*, 2.ª edición (Londres: W. Strahan, 1771), 3: 163-164, 3: 187-202; Arthur Young, *A Six Months Tour through the North of England* (Londres: W. Strahan, 1770), 4: 582. Las hilanderas recibían su sueldo por trabajo completo y no por fuerza tenían que pasarse todo el día hilando, pero Young reclamaba constantemente que se les pagase un sueldo semanal por su labor en horario continuado. Craig Muldrew, «"Th'ancient Distaff" and "Whirling Spindle": Measuring the Contribution of Spinning to Household Earnings and the National Economy in England, 1550-1770», *Economic History Review* 65, n.º 2 (2012): 498-526.

30. Deborah Valenze, *The First Industrial Woman* (Nueva York: Oxford University Press, 1995), 72-73.

31. John James, *History of the Worsted Manufacture in England, from the Earliest Times* (Londres: Longman, Brown, Green, Longmans & Roberts, 1857), 280-281; James Bischoff, *A Comprehensive History of the Woollen and Worsted Manufacturers, and the Natural and Commercial History of Sheep, from the Earliest Records to the Present Period* (Londres: Smith, Elder & Co., 1862), 185.

32. Beverly Lemire, *Cotton* (Londres: Bloomsbury, 2011), 78-79.

33. John Styles, «Fashion, Textiles and the Origins of the Industrial Revolution», *East Asian Journal of British History*, n.º 5 (marzo de 2016): 161-189; Jeremy Swan, «Derby Silk Mill», *University of Derby Magazine*, 25 de noviembre de 2016, 32-34, *https://issuu.com/university_of_derby/docs/university_of_derby_magazine_-_nove and https://blog.derby.ac.uk/2016/11/derby-silk-mill/*; John Lombe, «Silk Weaver», *Derby Blue Plaques, http://derbyblueplaques.co.uk/john-lombe/*. Información financiera de Clive Emsley, Tim

Hitchcock y Robert Shoemaker, «London History—Currency, Coinage and the Cost of Living», *Old Bailey Proceedings Online, www.oldbaileyonline.org/static/Coinage.jsp*.

34. Styles, «Fashion, Textiles and the Origins of the Industrial Revolution», y entrevista con la autora, 16 de mayo de 2018; R. S. Fitton, *The Arkwrights: Spinners of Fortune* (Manchester, UK: Manchester University Press, 1989), 8-17.

35. Lemire, *Cotton*, 80-83.

36. Deirdre Nansen McCloskey, *Bourgeois Equality: How Ideas, Not Capital or Institutions, Enriched the World* (Chicago: University of Chicago Press, 2016), 8.

37. David Sasso, entrevistas con la autora, 22-23 de mayo de 2018. El cálculo está basado en el hilado de dos kilos a la semana, tomado de la obra de Jane Humphries y Benjamin Schneider, «Spinning the Industrial Revolution», *The Economic History Review* 72, n.º 1 (23 de mayo de 2018), *https://doi.org/10.1111/ehr.12693*.

1. Gillian Vogelsang-Eastwood, Curso Textil Intensivo, Centro de Investigaciones Textiles, 15 de septiembre de 2015.

2. Kalliope Sarri, «Neolithic Textiles in the Aegean» (conferencia en el Centro de Investigaciones Textiles, Copenhague, 22 de septiembre de 2015); Kalliope Sarri, «In the Minds of Early Weavers: Perceptions of Geometry, Metrology and Value in the Neolithic Aegean» (resumen del taller «Textile Workers: Skills, Labour and Status of Textile Craftspeople between the Prehistoric Aegean and the Ancient Near East», *Décimo Congreso Internacional de Arqueología del Antiguo Oriente Próximo*, Viena, 25 de abril de 2016), *https://ku-dk.academia.edu/KalliopeSarri*.

3. Sarah-Marie Belcastro, «Every Topological Surface Can Be Knit: A Proof», *Journal of Mathematics and the Arts* 3 (junio de 2009): 67-83; Sarah-Marie Belcastro y Carolyn Yackel, «About Knitting...», *Math Horizons* 14 (noviembre de 2006): 24-27, 39.

4. Carrie Brezine, «Algorithms and Automation: The Production of Mathematics and Textiles», en *The Oxford Handbook of the History of Mathematics*, ed. Eleanor Robson y Jacqueline Stedall (Oxford: Oxford University Press, 2009), 490.

5. Victor H. Mair, «Ancient Mummies of the Tarim Basin», *Expedition*, Otoño de 2016, 25-29, *www.penn.museum/documents/publications/expedition/PDFs/58-2/tarim_basin.pdf*.

6. O. Soffer, J. M. Adovasio y D. C. Hyland, «The "Venus" Figurines: Textiles, Basketry, Gender, and Status in the Upper Paleolithic», *Current Anthropology* 41, n.º 4 (agosto-octubre de 2000): 511-537.

7. Jennifer Moore, «Doubleweaving with Jennifer Moore», *Weave*, 24 de mayo de 2019, Episodio 65, 30: 30, *www.gistyarn.com/blogs/podcast/episode-65-doubleweaving-withjennifer-moore*.

8. En teoría, el raso tiene efecto por urdimbre y el satén efecto por trama, pero el término «raso» se aplica a la estructura básica, cuyo principio es el mismo.

9. Tien Chiu, entrevista con la autora, 11 de julio de 2018.

10. Ada Augusta, condesa de Lovelace, «Notes upon the Memoir by the Translator», en L. F. Menabrea, «Sketch of the Analytical Engine Invented by Charles Babbage», *Bibliothèque Universelle de Genève*, n.º 82 (octubre de 1842), *www.fourmilab. ch/babbage/sketch.html*.

11. E. M. Franquemont y C. R. Franquemont, «Tanka, Chongo, Kutij: Structure of the World through Cloth», en *Symmetry Comes of Age: The Role of Pattern in Culture*, ed. Dorothy K. Washburn y Donald W. Crowe (Seattle: University of Washington Press, 2004), 177-214; Edward Franquemont y Christine Franquemont, «Learning to Weave in Chinchero», *Textile Museum Journal* 26 (1987): 55-78; Ann Peters, «Ed Franquemont (February 17, 1945-March 11, 2003)», *Andean Past* 8 (2007): art. 10, *http://digitalcommons.library.umaine.edu/andean_past/vol8/iss1/10*.

12. Lynn Arthur Steen, «The Science of Patterns», *Science* 240, n.º 4852 (29 de abril de 1988): 611-616.

13. *Elementos* de Euclides. Una de las mejores traducciones existentes en español es la publicada por Gredos (1991) a cargo de María Luisa Puertas Castaños. Dicha traducción es la que se ha empleado aquí.

14. Ellen Harlizius-Klück, entrevista con la autora, 7 de agosto de 2018, y correos electrónicos a la autora, 28 de agosto, 29 de agosto y 13 de septiembre de 2018; Ellen Harlizius-Klück, «Arithmetics and Weaving: From Penelope's Loom to Computing», *Münchner Wissenschaftstage*, 18-21 de octubre de 2008, *www.academia.edu/8483352/Arithmetic_and_Weaving._From_Penelopes_Loom_to_Computing*; Ellen Harlizius-Klück y Giovanni Fanfani, «(B)orders in Ancient Weaving and Archaic Greek Poetry», en *Spinning Fates and the Song of the Loom: The Use of Textiles, Clothing and Cloth Production as Metaphor, Symbol and Narrative Device in Greek and Latin Literature*, ed. Giovanni Fanfani, Mary Harlow y Marie-Louise Nosch (Oxford: Oxbow Books, 2016), 61-99.

15. Más que en un telar *per se*, el festón fue probablemente creado mediante la tejeduría en tabletas, en la cual los hilos de la urdimbre pasan por los agujeros que hay en las esquinas de una tablilla cuadrada, por aquel entonces de madera o barro, hoy día de cartón o plástico. La tejedora estira todo lo que puede las hebras atándolas a sendos postes: la parte superior e inferior de la tablilla sirven para crear la calada. Al volver las tablillas, ya sea de una vez o de manera selectiva, la tejedora fija los hilos de la trama, lo que permite crear motivos usando diferentes colores. Cuantas más tablillas hay, más complicado llega a ser el motivo.

16. Jane McIntosh Snyder, «The Web of Song: Weaving Imagery in Homer and the Lyric Poets», *Classical Journal* 76, n.º 3 (febrero/marzo de 1981): 193-196; Platón, *The Being of the Beautiful: Plato's Theaetetus, Sophist, and Statesman*, traducción y notas de Benardete (Chicago: University of Chicago Press, 1984), III.31-33, III.66-67, III.107113.

17. Sheramy D. Bundrick, «The Fabric of the City: Imaging Textile Production in Classical Athens», *Hesperia: The Journal of the American School of Classical Studies at Athens* 77, n.º 2 (abril-junio de 2008): 283-334; Monica Bowen, «Two Panathenaic Peploi: A Robe and a Tapestry», *Alberti's Window* (blog), 28 de junio de 2017, *http:// albertis-window.com/2017/06/two-panathenaic-peploi/*; Evy Johanne Håland, «Athena's Peplos: Weaving as a Core Female Activity in Ancient and Modern Greece», *Cosmos* 20 (2004): 155-182, *www.academia.edu/2167145/Athena_s_Peplos_Weaving_as_a_Core_Female_Activity_in_Ancient_and_Modern_Greece*; E. J. W. Barber, «The Peplos of Athena», en *Goddess and Polis: The Panathenaic Festival in Ancient Athens*, ed. Jenifer Neils (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1992), 103-117.

18. Donald E. Knuth, *Art of Computer Programming*, volume 2: *Seminumerical Algorithms* (Boston: Addison-Wesley Professional, 2014), 294.

19. Anthony Tuck, «Singing the Rug: Patterned Textiles and the Origins of IndoEuropean Metrical Poetry», *American Journal of Archaeology* 110, n.º 4 (octubre de 2006): 539-550; John Kimberly Mumford, *Oriental Rugs* (Nueva York: Scribner, 1921), 25. Se pueden ver algunos ejemplos de alfombras de guerra, creadas durante la ocupación soviética de Afganistán, en *warrug.com*. Mimi Kirk, «Rug-of-War», *Smithsonian*, 4 de febrero de 2008, *www.smithsonianmag.com/arts-culture/rug-of-war-19377583/*. Algunos ejemplos de tejedores de alfombras que canturrean sus motivos aparecen en *Roots Revival*, "The Woven Sounds" - Demo documentary by Mehdi Aminian on Pattern Singing - Persian Carpets», YouTube, 10:00, 15 de marzo de 2019, *www.youtube.com/watch?v=vhgHJ6xiau8&feature=youtu.be*.

20. Eric Boudot y Chris Buckley, *The Roots of Asian Weaving: The He Haiyan Collection*

of Textiles and Looms from Southwest China (Oxford: Oxbow Books, 2015), 165-169.

21. Malika Kraamer, «Ghanaian Interweaving in the Nineteenth Century: A New Perspective on Ewe and Asante Textile History», *African Arts*, invierno de 2006, 44. Para más detalles sobre este tema véase el capítulo 6.

22. «Ancestral Textile Replicas: Recreating the Past, Weaving the Present, Inspiring the Future» (exposición del Museo y Catacumbas del Convento Máximo de San Francisco de Asís de la Ciudad de Cuzco, noviembre de 2017).

23. Nancy Arthur Hoskins, «Woven Patterns on Tutankhamun Textiles», *Journal of the American Research Center in Egypt* 47 (2011): 199-215, *www.jstor.org/stable/24555392*.

24. Richard Rutt, *A History of Hand Knitting* (Londres: B. T. Batsford, 1987), 4-5, 8-9, 23, 32-39. Los pueblos nativos de la región que abarca lo que hoy es Venezuela, Guayana y Brasil desarrollaron por separado su propia forma de tejido de punto. Rutt advierte de que las palabras empleadas para describir este tipo de tejido no aparecen con anterioridad a los albores del periodo moderno y de que en muchos lugares se adoptó, bien de otros países —los rusos adaptaron el término francés *tricot,* por ejemplo—, bien de otras artes textiles. «Es asombroso el contraste que hay entre los términos que se refieren a la acción de tejer —escribe Rutt—. En la mayoría de idiomas hay un vocabulario preciso, antiguo y muy desarrollado para dicha acción. Tejer es más antiguo que la historia. El proceso aparentemente simple de hacer punto resulta que es mucho menos antiguo».

25. Anne DesMoines, entrevista con la autora, 8 de diciembre de 2019; Anne DesMoines, «Eleanora di Toledo Stockings», *www.ravelry.com/patterns/library/eleonora-ditoledo-stockings*. DesMoines dice que el motivo publicado está algo simplificado en comparación con su reproducción exacta, que incluye formas más complejas.

26. Aunque sobrevivieron algunas muestras de telas, tiempo después de la conquista española los tejedores andinos ya habían olvidado una técnica de creación de imágenes conocida con el nombre de «doble tela balanceada», que se utilizó durante miles de años. En 2012, el Centro de Textiles Tradicionales de Cuzco sumó a sus filas a Jennifer Moore, profesora y artista americana de la doble tela, para que volviese a introducir en el país la técnica de los maestros tejedores, y así pudiera ser transmitida a otros. Angloparlante, acostumbrada a los telares de suelo, Moore pasó preparándose un año entero. Jennifer Moore, «Teaching in Peru», *www.doubleweaver. com/peru.html.*

27. Patricia Hilts, *The Weavers Art Revealed: Facsimile, Translation, and Study of the First Two Published Books on Weaving: Marx Ziegler's Weber Kunst und Bild Buch (1677) and Nathaniel Lumscher's Neu eingerichtetes Weber Kunst und Bild Buch (1708)*, vol. I (Winnipeg, Canadá: Charles Babbage Research Centre, 1990), 9-56, 97-109.

28. Joel Mokyr, *The Gifts of Athena: Historical Origins of the Knowledge Economy* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 2002), 28-77.

29. Ellen Harlizius-Klück, «Weaving as Binary Art and the Algebra of Patterns», *Textile* 1, n.º 2 (abril de 2017): 176-197.

30. Si el fondo y la trama suplementaria fueran del mismo color, el tejido resultante sería el damasco.

31. Muestra en «A World of Looms», Museo Nacional Chino de la Seda, Hangzhou, 1-4 de junio de 2018. Antes de que se utilizara el hilo de nailon, de bajo coste, se empleaban finísimas varillas de bambú, como todavía se hace para motivos sencillos. Deb McClintock, «The Lao Khao Tam Huuk, One of the Foundations of Lao Pattern Weaving», Looms of Southeast Asia, 31 de enero de 2017, *https://simplelooms. com/2017/01/31/the-lao-khao-tam-huuk-one-of-the-foundations-of-lao-pattern-weaving/*; Deb McClintock, entrevista con la autora, 18 de

octubre de 2018; Wendy Garrity, «Laos: Making a New Pattern Heddle», *Textile Trails, https://textiletrails.com.au/2015/05/22/ laos-making-a-new-pattern-heddle/*.

32. E. J. W. Barber, *Prehistoric Textiles: The Development of Cloth in the Neolithic and Bronze Ages with Special Reference to the Aegean* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1991), 137-140.

33. Boudot y Buckley, *The Roots of Asian Weaving*, 180-185, 292-307, 314-327; Chris Buckley, correo electrónico a la autora, 21 de octubre de 2018.

34. Boudot y Buckley, *The Roots of Asian Weaving*, 422-426.

35. Boudot y Buckley, *The Roots of Asian Weaving*, 40-44.

36. Claire Berthommier, «The History of Silk Industry in Lyon» (charla en Diálogos con la Seda entre Asia y Europa: Conferencias en Historia, Tecnología y Arte, Lyon, 30 de noviembre de 2017).

37. Daryl M. Hafter, «Philippe de Lasalle: From *Mise-en-carte* to Industrial Design», *Winterthur Portfolio*, 1977, 139-164; Lesley Ellis Miller, «The Marriage of Art and Commerce: Philippe de Lasalle's Success in Silk», *Art History* 28, n.º 2 (abril de 2005): 200-222; Berthommier, «The History of Silk Industry in Lyon»; Rémi Labrusse, «Interview with Jean-Paul Leclercq», traducción de Trista Selous, *Perspective*, 2016, *https://journals.openedition.org/perspective/6674*; Guy Scherrer, «Weaving Figured Textiles: Before the Jacquard Loom and After» (charla en Conferencia sobre Telares del Mundo, Museo Nacional Chino de la Seda, Hangzhou, 31 de mayo de 2018), vídeo en YouTube, 18: 27, 29 de junio de 2018, *www.youtube.com/watch?v=DLAzP53l-D4*; Alfred Barlow, *The History and Principles of Weaving by Hand and by Power* (Londres: Sampson Low, Marston, Searle, & Rivington, 1878), 128-139.

38. Museo Metropolitano del Arte de Nueva York, «Joseph Marie Jacquard, 1839», *www.metmuseum.org/art/collection/search/222531*; Charles Babbage, *Passages in the Life of a Philosopher* (Londres: Longman, Green, Longman, Roberts & Green, 1864), 169170.

39. Rev. R. Willis, «On Machinery and Woven Fabrics», en *Report on the Paris Exhibition of 1855*, parte II, 150, citado en Barlow, *The History and Principles of Weaving by Hand and by Power,* 140-141.

40. James Payton, «Weaving», en *Encyclopaedia Britannica*, 9.ª edición, vol. 24, ed. Spencer Baynes y W. Robertson Smith (Akron: Werner Co., 1905), 491-492, *http://bit. ly/2AB1JVU*; Victoria and Albert Museum, «How Was It Made? Jacquard Weaving», vídeo en YouTube, 3: 34, 8 de octubre de 2015, *www.youtube.com/watch?v=K6NgMNvK52A*; T. F. Bell, *Jacquard Looms: Harness Weaving* (Read Books, 2010), reedición para Kindle de T. F. Bell, *Jacquard Weaving and Designing* (Londres: Longmans, Green, & Co., 1895).

41. James Essinger, *Jacquard's Web: How a Hand-Loom Led to the Birth of the Information Age* (Oxford: Oxford University Press, 2007), 35-38; Jeremy Norman, «The Most Famous Image in the Early History of Computing», *HistoryofInformation.com, www.historyofinformation.com/expanded.php?id=2245*; Yiva Fernaeus, Martin Jonsson y Jakob Tholander, «Revisiting the Jacquard Loom: Threads of History and Current Patterns in HCI», *CHI '12: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 5-10 de mayo de 2012, 1593-1602, *https://dl.acm.org/citation. cfm?doid=2207676.2208280*.

42. Gadagne Musées, «The Jacquard Loom», inv.50.144, Room 21: Social Laboratory-19th C., *www.gadagne.musees.lyon.fr/index.php/history_en/content/download/2939/27413/file/zoom_jacquard_eng.pdf*; Barlow, *The History and Principles of Weaving by Hand and by Power*, 144-147; Charles Sabel y Jonathan Zeitlin, «Historical Alternatives to Mass Production:

Politics, Markets and Technology in NineteenthCentury Industrialization», *Past and Present*, n.º 108 (agosto de 1985): 133-176; Anna Bezanson, «The Early Use of the Term Industrial Revolution», *Quarterly Journal of Economics* 36, n.º 2 (febrero de 1922): 343-349; Ronald Aminzade, «Reinterpreting Capitalist Industrialization: A Study of Nineteenth-Century France», *Social History* 9, n.º 3 (octubre de 1984): 329-350. Aunque al final aceptaron la nueva tecnología, los trabajadores de Lyon no se quedaron de brazos cruzados. Los levantamientos de los *canuts,* o trabajadores de la seda, en 1831 y 1834 son hitos de la historia política y laboral de Francia.

43. James Burke, «Connections Episode 4: Faith in Numbers», *https://archive.org/details/james-burke-connections_s01e04*; F. G. Heath, «The Origins of the Binary Code», *Scientific American*, agosto de 1972, 76-83.

1* En castellano en el original. *(N. del T.)*

44. Robin Kang, entrevista con la autora, 9 de enero de 2018; Rolfe Bozier, «How Magnetic Core Memory Works», *Rolfe Bozier* (blog), 10 de agosto de 2015, *https://rolfebozier.com/archives/113*; Stephen H. Kaisler, *Birthing the Computer: From Drums to Cores* (Newcastle upon Tyne, UK: Cambridge Scholars Publishing, 2017), 73-75; Daniela K. Rosner, Samantha Shorey, Brock R. Craft y Helen Remick, «Making Core Memory: Design Inquiry into Gendered Legacies of Engineering and Craftwork», *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '18)*, artículo 531, *https://faculty.washington.edu/dkrosner/files/CHI-2018-Core-Memory.pdf*.

45. La memoria de núcleos se conoce como memoria RAM (memoria de acceso aleatorio), mientras que la memoria de núcleos cableados se conoce como memoria ROM (memoria de solo lectura).

46. David A. Mindell, *Digital Apollo: Human and Machine in Spacefight* (Cambridge, MA: MIT Press, 2008), 154-157; David Mindell, entrevista en *Moon Machines: The Navigation Computer*, vídeo en YouTube, Nick Davidson y Christopher Riley (directores), 2008, 44: 21, *www.youtube.com/watch?v=9YA7X5we8ng*; Robert McMillan, «Her Code Got Humans on the Moon–and Invented Software Itself», *Wired*, 13 de octubre de 2015, *www.wired.com/2015/10/margaret-hamilton-nasa-apollo/*.

47. Frederick Dill, citado en Rosner *et al*., «Making Core Memory».

48. Fiber Year Consulting, *The Fiber Year 2017* (Fiber Year, 2017), *www.groz-beckert.com/mm/media/web/9_messen/bilder/veranstaltungen_1/2017_6/the_fabric_year/Fabric_Year_2017_Handout_EN.pdf*. En 2016, el tejido de punto alcanzaba el 57 por ciento de las ventas mundiales de prendas tricotadas al peso, comparado con el 32 por ciento de lo que vendían las prendas tejidas. Las ventas de prendas tricotadas crecieron un 5 por ciento durante el año, comparado con el 2 por ciento en el caso de las prendas tejidas.

49. Stanley Chapman, *Hosiery and Knitwear: Four Centuries of Small-Scale Industry in Britain c. 1589-2000* (Oxford: Oxford University Press, 2002), xx-27, 66-67. Chapman, de manera convincente, afirma que en la región central de Inglaterra, donde prosperó la tricotosa, los herreros —no, digamos, los que trabajaban la plata o hacían relojes— desarrollaron las habilidades necesarias para hacer las partes que se precisaban. Los herreros locales eran conocidos por la delicadeza de sus obras, y en dicha región no hay registros de esas otras artes. Pseudoerasmus, «The Calico Acts: Was British Cotton Made Possible by Infant Industry Protection from Indian Competition?», *Pseudoerasmus* (blog), 5 de enero de 2017, *https://pseudoerasmus. com/2017/01/05/ca/*. Hay un vídeo donde se explica cómo funciona la tricotosa, véase *https://youtu.be/WdVDoLqg2_c*.

50. Vidya Narayanan y Jim McCann, entrevistas con la autora, 6 de agosto de 2019; Vidya Narayanan, entrevista con la autora, 11 de diciembre de 2019, y correo electrónico con la

autora, 11 de diciembre de 2019; Michael Seiz, entrevistas con la autora, 10 de diciembre de 2019 y 11 de diciembre de 2019; Randall Harward, entrevista con la autora, 12 de noviembre de 2019; Vidya Narayanan, Kui Wu, Cem Yuksel y James McCann, «Visual Knitting Machine Programming», *ACM Transactions on Graphics* 38, n.º 4 (julio de 2019), *https://textiles-lab.github.io/publications/2019-visualknit/*.

1. Tom D. Dillehay, «Relevance», en *Where the Land Meets the Sea: Fourteen Millennia of Human History at Huaca Prieta, Peru*, ed. Tom D. Dillehay (Austin: University of Texas Press, 2017), 3-28; Jeffrey Splitstoser, «Twined and Woven Artifacts: Part 1: Textiles», en *Where the Land Meets the Sea*, 458-524; Jeffrey C. Splitstoser, Tom D. Dillehay, Jan Wouters y Ana Claro, «Early Pre-Hispanic Use of Indigo Blue in Peru», *Science Advances* 2, n.º 9 (14 de septiembre de 2016), *http://advances.sciencemag.org/ content/2/9/e1501623.full*. Además del azul, los fragmentos también muestran franjas que se hacían aplicando al algodón las fibras de un color blanco intenso procedentes de un matorral similar a la asclepia.

2. Dominique Cardon, *Natural Dyes: Sources, Tradition Technology and Science*, traducción de Caroline Higgett (Londres: Archetype, 2007), 1, 51, 167-176, 242-250, 360, 409-411.

3. Zvi C. Koren, «Modern Chemistry of the Ancient Chemical Processing of Organic Dyes and Pigments», en *Chemical Technology in Antiquity*, ed. Seth C. Rasmussen, ACS Symposium Series (Washington D. C.: American Chemical Society, 2015), 197; Cardon, *Natural Dyes*, 51.

4. John Marshall, *Singing the Blues: Soulful Dyeing for All Eternity* (Covelo, CA: Saint Titus Press, 2018), 11-12. Algunas plantas de índigo, entre ellas el glasto, contienen también otros precursores del indoxil.

5. Los tintes derivados de plantas pueden parecer más vistosos que los colores sintéticos porque incluyen más de un componente de color.

6. Deborah Netburn, «6,000-Year-Old Fabric Reveals Peruvians Were Dyeing Textiles with Indigo Long Before Egyptians», *Los Angeles Times*, 16 de septiembre de 2016, *www.latimes.com/science/sciencenow/la-sci-sn-oldest-indigo-dye-20160915-snap-story.html*.

7. Una solución con una elevada concentración de ácido también serviría, pero históricamente los tintoreros que empleaban índigo hacían uso de aditivos alcalinos. Cardon, *Natural Dyes*, 336-353.

8. Jenny Balfour-Paul, *Indigo: Egyptian Mummies to Blue Jeans* (Buffalo, NY: Firefly Books, 2011), 121-122.

9. Balfour-Paul, *Indigo*, 41-42.

10. Alyssa Harad, «Blue Monday: Adventures in Indigo», Alyssa Harad, 12 de noviembre de 2012, *https://alyssaharad.com/2012/11/blue-monday-adventures-in-indigo/*; Cardon, *Natural Dyes*, 369; taller de Graham Keegan, 14 de diciembre de 2018.

11. Balfour-Paul, *Indigo*, 9, 13.

12. Cardon, *Natural Dyes*, 51, 336-353.

13. Graham Keegan, entrevista con la autora, 14 de diciembre de 2018.

14. Cardon, *Natural Dyes*, 571; Mark Cartwright, «Tyrian Purple», *Ancient History Encyclopedia*, 21 de julio de 2016, *www.ancient.eu/Tyrian_Purple*; Mark Cartwright, «Melqart», *Ancient History Encyclopedia*, 6 de mayo de 2016, *www.ancient.eu/Melqart/*.

15. Cardon, *Natural Dyes*, 551-586; Zvi C. Koren, «New Chemical Insights into the Ancient Molluskan Purple Dyeing Process», en *Archaeological Chemistry VIII*, ed. R. Armitage *et al.* (Washington D. C.: American Chemical Society, 2013), cap. 3, 43-67.

16. Inge Boesken Kanold, «Dyeing Wool and Sea Silk with Purple Pigment from *Hexaplex trunculus*», en *Treasures from the Sea: Purple Dye and Sea Silk*, ed. Enegren Hedvig

Landenius y Meo Francesco (Oxford: Oxbow Books, 2017), 67-72; Cardon, *Natural Dyes*, 559-562; Koren, «New Chemical Insights».

17. Brendan Burke, *From Minos to Midas: Ancient Cloth Production in the Aegean and in Anatolia* (Oxford: Oxbow Books, 2010), páginas Kindle 863-867. En un correo electrónico a la autora, fechado el 2 de diciembre de 2019, Burke se extiende así: «La idea del canibalismo surge porque, SI se les mantiene en una pecera, pero se les niega temporalmente el acceso a fuentes nutricias, podrían empezar a comerse los unos a los otros. (Siempre he pensado que alguien que se ocupase de ellos lo más normal es que supiese que había que alimentar a esas cosas… pero tal vez no sea así). Esta ha sido la explicación de por qué algunos de los depósitos de conchas de caracol que han llegado a desenterrarse, relacionados con el teñido púrpura, muestran esas perforaciones; y que no haya tantos en los depósitos de caracoles de mayor tamaño. De modo que sí, las perforaciones son un problema y sospecho que los mayores centros de producción profesionalizada/a gran escala llegarían a saberlo, y que no aparecerían arqueológicamente con tanta frecuencia como en los talleres de menor calado. Las perforaciones indican, además, que quien se encargaba de custodiar los caracoles no estaba alimentándolos bien».

18. Cardon, *Natural Dyes*, 559-562; Koren, «New Chemical Insights»; Zvi C. Koren, «Chromatographic Investigations of Purple Archaeological Bio-Material Pigments Used as Biblical Dyes», *MRS Proceedings* 1374 (enero de 2012): 29-47, *https://doi.org/10.1557/opl.2012.1376*.

19. Empleo el término «tecnicolor» de manera coloquial. La película en realidad se rodó empleando una tecnología de color diferente.

20. Meyer Reinhold, *History of Purple as a Status Symbol in Antiquity* (Bruselas: Revue d'Études Latines, 1970), 17; Plinio, *Historia Natural*, vol. III, libro IX, sec. 50 (también en Gredos se encuentra una de las mejores ediciones de Plinio, con traducción y notas de F. Manzanero Cano, I. García Arribas. M.ª L. Arribas Hernáez, A. M.ª Moure Casas y J. L. Sancho Bermejo [Gredos: 2010]); Cassiodorus, «King Theodoric to Theon, Vir Sublimis», *The Letters of Cassiodorus,* libro I, traducción al inglés de Thomas Hodgkin (Londres: Henry Frowde, 1886), 143-144, *www.gutenberg.org/files/18590/18590-h/18590h.htm*; Marcial, «A Basa», «Sobre Filaenis», «Sobre la túnica robada de Crispín» (más conocido en español como «No a todos les sienta bien una capa de púrpura»): de nuevo remito a la traducción de Gredos, a cargo de Antonio Ramírez de Verger (2001). Contra la creencia popular, en la Antigüedad la púrpura de Tiro no se limitaba al uso de la realeza. Solo fue así durante la época tardía del Imperio bizantino.

21. Estrabón, *Geografía,* vol. VII, libro XVI, sec. 23. Nuevamente, edición en español en la editorial Gredos (2000), con traducción y notas a cargo de J. L. García Ramón, J. García Blanco y M.ª J. Meana Cubero.

22. La escala pH es logarítmica, de modo que una solución con un pH de 8 es diez veces más alcalina que una con un pH de 7.

23. Deborah Ruscillo, «Reconstructing Murex Royal Purple and Biblical Blue in the Aegean», en *Archaeomalacology: Molluscs in Former Environments of Human Behaviour*, ed. Daniella E. Bar-Yosef Mayer (Oxford: Oxbow Books, 2005), 99-106, *www.academia.edu/373048/Reconstructing_Murex_Royal_Purple_and_Biblical_Blue_in_the_Aegean*; Deborah Ruscillo Cosmopoulos, entrevista con la autora, 12 de enero de 2019.

24. Gioanventura Rosetti, *The Plictho: Instructions in the Art of the Dyers which Teaches the Dyeing of Woolen Cloths, Linens, Cottons, and Silk by the Great Art as Well as by the Common*, traducción de Sidney M. Edelstein y Hector C. Borghetty (Cambridge, MA: MIT Press, 1969), 89, 91, 109-110. Los traductores aducen que el extraño título del libro

probablemente esté relacionado con la moderna palabra italiana *plico,* que significa «sobre» o «paquete», lo que sugeriría una colectánea de órdenes o de papeles importantes.

25. Cardon, *Natural Dyes*, 107-108; Zvi C. Koren (Kornblum), «Analysis of the Masada Textile Dyes», en *Masada IV. The Yigael Yadin Excavations 1963-1965. Final Reports*, ed. Joseph Aviram, Gideon Foerster y Ehud Netzer (Jerusalem: Israel Exploration Society, 1994), 257-264.

26. Drea Leed, «Bran Water», 2 de julio de 2003, *www.elizabethancostume.net/dyes/lyteldyebook/branwater.html* y «How Did They Dye Red in the Renaissance», *www.elizabethancostume.net/dyes/university/renaissance_red_ingredients.pdf*.

27. Koren, «Modern Chemistry of the Ancient Chemical Processing», 200-204.

28. Cardon, *Natural Dyes*, 39.

29. Cardon, *Natural Dyes*, 20-24; Charles Singer, *The Earliest Chemical Industry: An Essay in the Historical Relations of Economics and Technology Illustrated from the Alum Trade* (Londres: Folio Society, 1948), 114, 203-206. La cita es de Vannoccio Biringuccio en su rompedora obra de 1540 sobre metalistería, *De la Pirotechnia*.

30. Rosetti, *The Plictho*, 115.

31. Mari-Tere Álvarez, «New World *Palo de Tintes* and the Renaissance Realm of Painted Cloths, Pageantry and Parade» (ponencia presentada en la conferencia From Earthly Pleasures to Princely Glories in the Medieval and Renaissance Worlds, UCLA Center for Medieval and Renaissance Studies, 17 de mayo de 2013); Elena Phipps, «Global Colors: Dyes and the Dye Trade», en *Interwoven Globe: The Worldwide Textile Trade, 1500-1800*, ed. Amelia Peck (New Haven, CT: Yale University Press, 2013), 128-130.

32. Sidney M. Edelstein y Hector C. Borghetty, «Introduction», en Gioanventura Rosetti, *The Plictho*, xviii. Edelstein, destacado químico industrial y empresario, se consagró por pura vocación a la historia de los tintes, atesoró muchas obras históricas de importancia sobre estos y proporcionó apoyo filantrópico al estudio de la historia de la química y los tintes históricos. Anthony S. Travis, «Sidney Milton Edelstein, 1912-1994», Edelstein Center for the Analysis of Ancient Artifacts, *https:// edelsteincenter.wordpress.com/about/the-edelstein-center/dr-edelsteins-biography/*; Drea Leed, entrevista con la autora, 25 de enero de 2019.

33. En la década de 1570, la cochinilla había sustituido en gran medida al quermes, pero cuando se publicó el *Plictho* ambos rojos seguían en uso.

34. Amy Butler Greenfield, *A Perfect Red: Empire, Espionage, and the Quest for the Color of Desire* (Nueva York: HarperCollins, 2005), 76.

35. «The Evils of Cochineal, Tlaxcala, Mexico (1553)», en *Colonial Latin America: A Documentary History*, ed. Kenneth Mills, William B. Taylor y Sandra Lauderdale Graham (Lanham, MD: Rowman & Littlefield, 2002), 113-116.

36. Raymond L. Lee, «Cochineal Production and Trade in New Spain to 1600», *The Americas* 4, n.º 4 (abril de 1948): 449-473; Raymond L. Lee, «American Cochineal in European Commerce, 1526-1625», *Journal of Modern History* 23, n.º 3 (septiembre de 1951): 205-224; John H. Munro, «The Medieval Scarlet and the Economics of Sartorial Splendour», en *Cloth and Clothing in Medieval Europe*, ed. N. B. Harte y K. G. Ponting (Londres: Heinemann Educational Books, 1983), 63-64.

37. Edward McLean Test, *Sacred Seeds: New World Plants in Early Modern Literature* (Lincoln: University of Nebraska Press, 2019), 48; Marcus Gheeraerts el Joven, *Robert Devereux, 2nd Earl of Essex*, National Portrait Gallery, *www.npg.org.uk/collections/search/portrait/mw02133/Robert-Devereux-2nd-Earl-of-Essex*.

38. Lynda Shaffer, «Southernization», *Journal of World History* 5 (primavera de 1994): 1-21,

https://roosevelt.ucsd.edu/_files/mmw/mmw12/SouthernizationArgumentAnalysis2014.pdf; Beverly Lemire and Giorgio Riello, «East & West: Textiles and Fashion in Early Modern Europe», *Journal of Social History* 41, n.º 4 (verano de 2008): 887916, *http://wrap.warwick.ac.uk/190/1/WRAP_Riello_Final_Article.pdf*; John Ovington, *A Voyage to Suratt: In the Year 1689* (Londres: Tonson, 1696), 282. Con el tiempo, la tela india se convertiría en una amenaza tal para las industrias textiles autóctonas que la mayoría de los Gobiernos europeos, con la notable excepción de Holanda, limitó o vetó las importaciones. Véase el capítulo 6.

39. John J. Beer, «Eighteenth-Century Theories on the Process of Dyeing», *Isis* 51, n.º 1 (marzo de 1960): 21-30.

40. Jeanne-Marie Roland de La Platière, *Lettres de madame Roland*, 1780-1793, ed. Claude Perroud (París: Imprimerie Nationale, 1900), 375, *https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k46924q/f468.item*, traducción de la autora.

41. Société d'histoire naturelle et d'ethnographie de Colmar, *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Colmar: Nouvelle Série 1, 1889-1890* (Colmar: Imprimerie Decker, 1891), 282-286, *https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k9691979j/f2.item.r=haussmann*, traducción de la autora; Hanna Elisabeth Helvig Martinsen, *Fashionable Chemistry: The History of Printing Cotton in France in the Second Half of the Eighteenth and First Decades of the Nineteenth Century* (Tesis doctoral, Universidad de Toronto, 2015), 91-97, *https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/82430/1/Martinsen_Hanna_2015_PhD_thesis.pdf*.

42. American Chemical Society, «The Chemical Revolution of Antoine-Laurent Lavoisier», 8 de junio de 1999, *www.acs.org/content/acs/en/education/whatischemistry/landmarks/lavoisier.html*.

43. Martinsen, *Fashionable Chemistry*, 64.

44. Charles Coulston Gillispie, *Science and Polity in France at the End of the Old Regime* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1980), 409-413.

45. Claude-Louis Berthollet y Amedée B. Berthollet, *Elements of the Art of Dyeing and Bleaching*, traducción de Andrew Are (Londres: Thomas Tegg, 1841), 284.

46. *Demorest's Family Magazine*, noviembre de 1890, 47, 49; abril de 1891, 381, 383; y enero de 1891, 185, *www.google.com/books/edition/Demorest_s_Family_Magazine/dRQ7AQAAMAAJ?hl=en&gbpv=0*; Diane Fagan Affleck y Karen Herbaugh, «Bright Blacks, Neon Accents: Fabrics of the 1890s», Costume Colloquium, noviembre de 2014.

47. John W. Servos, «The Industrialization of Chemistry», *Science* 264, n.º 5161 (13 de mayo de 1994): 993-994.

48. Catherine M. Jackson, «Synthetical Experiments and Alkaloid Analogues: Liebig, Hofmann, and the Origins of Organic Synthesis», *Historical Studies in the Natural Sciences* 44, n.º 4 (septiembre de 2014): 319-363; Augustus William Hofmann, «A Chemical Investigation of the Organic Bases contained in Coal-Gas», *London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, febrero de 1884, 115-127; W. H. Perkin, «The Origin of the Coal-Tar Colour Industry, and the Contributions of Hofmann and His Pupils», *Journal of the Chemical Society*, 1896, 596-637.

49. Sir F. A. Abel, «The History of the Royal College of Chemistry and Reminiscences of Hofmann's Professorship», *Journal of the Chemical Society*, 1896, 580-596.

50. Anthony S. Travis, «Science's Powerful Companion: A. W. Hofmann's Investigation of Aniline Red and Its Derivatives», *British Journal for the History of Science* 25, n.º 1 (marzo de 1992): 27-44; Edward J. Hallock, «Sketch of August Wilhelm Hofmann», *Popular Science Monthly*, abril de 1884, 831-835; Lord Playfair, «Personal Reminiscences of Hofmann and of

the Conditions which Led to the Establishment of the Royal College of Chemistry and His Appointment as Its Professor», *Journal of the Chemical Society*, 1896, 575-579; Anthony S. Travis, *The Rainbow Makers: The Origins of the Synthetic Dyestuffs Industry in Western Europe* (Bethlehem, NY: Lehigh University Press, 1993), 31-81, 220-227.

51. Simon Garfield, *Mauve: How One Man Invented a Colour That Changed the World* (Londres: Faber & Faber, 2000), 69.

52. Travis, *The Rainbow Makers*, 31-81, 220-227; Perkin, «The Origin of the Coal-Tar Colour Industry».

53. Robert Chenciner, *Madder Red: A History of Luxury and Trade* (Londres: Routledge Curzon, 2000), páginas Kindle 5323-5325; J. E. O'Conor, *Review of the Trade of India, 1900-1901* (Calcuta: Office of the Superintendent of Government Printing, 1901), 28-29; Asiaticus, «The Rise and Fall of the Indigo Industry in India», *Economic Journal*, junio de 1912, 237-247.

54. Somaiya Kala Vidya es principalmente una escuela que enseña a artesanos consumados a mejorar sus dotes de diseño y mercadotecnia, pero también dirige talleres para aficionados interesados: yo asistí a uno de ellos entre el 27 de febrero y el 10 de marzo de 2019. *www.somaiya-kalavidya.org/about.html*.

55. En teoría, hay cuatro compañías distintas: Swisstex California, la empresa de tinte original; Swisstex Direct, una compañía de tejidos que adquiere hilos y subcontrata tejido de punto; Swisstex El Salvador, una sucursal en dicha ciudad; y Unique, un fabricante de tejido de El Salvador. Teñir es más importante en Los Ángeles, mientras que en El Salvador predominan los tejidos, cerca de donde se ensamblan las prendas. Todas esas empresas por igual son propiedad de los mismos cuatro socios. Dartley es presidente de Swisstex Direct.

56. Badri Chatterjee, «Why Are Dogs Turning Blue in This Mumbai Suburb? Kasadi River May Hold Answers», *Hindustan Times*, 11 de agosto de 2017, *www.hindustantimes.com/mumbai-news/industrial-waste-in-navi-mumbai-s-kasadi-river-is-turning-dogsblue/story-FcG0fUpioHGWUY1zv98HuN.html*; Badri Chatterjee, «Mumbai's Blue Dogs: Pollution Board Shuts Down Dye Industry After HT Report», *Hindustan Times*, 20 de agosto de 2017, *www.hindustantimes.com/mumbai-news/mumbai-s-blue-dogs-pollutionboard-shuts-down-dye-industry-after-ht-report/story-uhgaiSeIk7UbxV93WLniaN.html*.

57. Keith Dartley, entrevistas con la autora, 16 de septiembre de 2019 y 26 de septiembre de 2019, y correo electrónico a la autora, 27 de septiembre de 2019; Swisstex California, «Environment», *www.swisstex-ca.com/Swisstex_Ca/Environment. html*. Swisstex está certificada por Bluesign, una compañía localizada en Suiza que monitoriza y fija estándares para la protección del medio ambiente: *www.bluesign. com/en*.

1. Cécile Michel, *Correspondance des marchands de Kaniš au début du IIe millénaire avant J.-C.* (París: Les Éditions du Cerf, 2001), 427-431 (traducido del francés por la autora); Cécile Michel, «The Old Assyrian Trade in the Light of Recent Kültepe Archives», *Journal of the Canadian Society for Mesopotamian Studies*, 2008, 71-82, *https:// halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00642827/document*; Cécile Michel, «Assyrian Women's Contribution to International Trade with Anatolia», *Carnet de REFEMA,* 12 de noviembre de 2013, *https://refema.hypotheses.org/850*; Cécile Michel, «Economic and Social Aspects of the Old Assyrian Loan Contract», en *L'economia dell'antica Mesopotamia (III-I millennio a.C.) Per un dialogo interdisciplinare,* ed. Franco D'Agostino (Roma: Edizioni Nuova Cultura, 2013), 41-56, *https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01426527/ document*; Mogens Trolle Larsen, *Ancient Kanesh: A Merchant Colony in Bronze Age Anatolia* (Cambridge: University of Cambridge Press, 2015), 1-3, 112, 152-158, 174, 196-201; Klaas R. Veenhof, «"Modern"

Features in Old Assyrian Trade», *Journal of the Economic and Social History of the Orient* 40, n.º 4 (enero de 1997): 336-366.

2. Sobre la tecnología social, véase Richard R. Nelson, «Physical and Social Technologies, and Their Evolution» (LEM Working Paper Series, Scuola Superiore Sant'Anna, Laboratory of Economics and Management [LEM], Pisa, Italia, junio de 2003), *http://hdl.handle.net/10419/89537*.

3. Larsen, *Ancient Kanesh*, 54-57.

4. Larsen, *Ancient Kanesh*, 181-182.

5. Jessica L. Goldberg, *Trade and Institutions in the Medieval Mediterranean: The Geniza Merchants and Their Business World* (Cambridge: Cambridge University Press, 2012), 65.

6. Los sogdianos, un pueblo de Asia Central cuyas principales ciudades eran Samarcanda y Bujara en lo que hoy es Uzbekistán, fueron grandes comerciantes entre China e Irán.

7. Valerie Hansen y Xinjiang Rong, «How the Residents of Turfan Used Textiles as Money, 273-796 CE», *Journal of the Royal Asiatic Society* 23, n.º 2 (abril de 2013): 281305, *https://history.yale.edu/sites/default/files/files/VALERIE%20HANSEN%20and%20 XINJIANG%20RONG.pdf*.

8. Chang Xu y Helen Wang (traducción), «Managing a Multicurrency System in Tang China: The View from the Centre», *Journal of the Royal Asiatic Society* 23, n.º 2 (abril de 2013): 242.

9. Ese tipo de historia recibía el nombre de þáttr, que en el antiguo idioma nórdico significaba «hilo».

10. William Ian Miller, *Audun and the Polar Bear: Luck, Law, and Largesse in a Medieval Tale of Risky Business* (Leida: Brill, 2008), 7, 22-25.

11. Como unidad de contabilidad, la ley especificaba que una pieza estándar de *vaðmál* era el equivalente de una onza de plata.

12. Michèle Hayeur Smith, «*Vaðmál* and Cloth Currency in Viking and Medieval Iceland», en *Silver, Butter, Cloth: Monetary and Social Economies in the Viking Age*, ed. Jane Kershaw y Gareth Williams (Oxford: Oxford University Press, 2019), 251-277; Michèle Hayeur Smith, «Thorir's Bargain: Gender, *Vaðmál* and the Law», *World Archaeology* 45, n.º 5 (2013): 730-746, *https://doi.org/10.1080/00438243.2013.860272*; Michèle Hayeur Smith, «Weaving Wealth: Cloth and Trade in Viking Age and Medieval Iceland», en *Textiles and the Medieval Economy: Production, Trade, and Consumption of Textiles, 8th-16th Centuries*, ed. Angela Ling Huang y Carsten Jahnke (Oxford: Oxbow Books, 2014), 23-40, *www.researchgate.net/publication/272818539_Weaving_Wealth_Cloth_and_ Trade_in_Viking_Age_and_Medieval_Iceland*. Aunque a menudo se empleaba como una unidad de contabilidad puramente teórica, llamada en ocasiones «dinero fantasma», de cara al intercambio, la plata era utilizada mucho menos que la tela. Para tener una idea general de las características básicas del dinero, invito a escuchar el podcast del Federal Reserve Bank of St. Louis, «Functions of Money», Economic Lowdown Podcast Series, episodio 9, *www.stlouisfed.org/education/economic-lowdownpodcast-series/episode-9-functions-of-money*.

13. Marion Johnson, «Cloth as Money: The Cloth Strip Currencies of Africa», *Textile History* 11, n.º 1 (1980): 193-202.

14. Peter Spufford, *Power and Profit: The Merchant in Medieval Europe* (Londres: Thames & Hudson, 2002), 134-136, 143-152.

15. Alessandra Macinghi degli Strozzi, *Lettere di una Gentildonna Fiorentina del Secolo XV ai Figliuoli Esuli, ed. Cesare Guasti* (Florencia: G. C. Sansone, 1877), 27-30. (Traducción de la autora).

16. Spufford, *Power and Profit*, 25-29.

17. Jong Kuk Nam, «The Scarsella between the Mediterranean and the Atlantic in the 1400s», *Mediterranean Review*, junio de 2016, 53-75.

18. Telesforo Bini, «Lettere mercantili del 1375 di Venezia a Giusfredo Cenami setaiolo», apéndice a *Su I lucchesi a Venezia: Memorie dei Secoli XII e XIV,* parte 2, en *Atti dell'Accademia Lucchese di Scienze, Lettere ed Arti* (Luca, Italia: Tipografia di Giuseppe Giusti, 1857), 150-155, *www.google.com/books/edition/_/OLwAAAAAYAAJ?hl=en*.

19. Spufford, *Power and Profit*, 28-29.

20. Warren Van Egmond, *The Commercial Revolution and the Beginnings of Western Mathematics in Renaissance Florence, 1300-1500* (tesis doctoral inédita, History and Philosophy of Science, Indiana University, 1976), 74-75, 106. Buena parte de lo que viene a continuación procede de las investigaciones de Van Egmond. Doy solo los números de página para las citas y algunos hechos específicos.

21. Van Egmond, *The Commercial Revolution*, 14, 172, 186-187, 196-197, 251.

22. L. E. Sigler, *Fibonacci's Liber Abaci: A Translation into Modern English of Leonardo Pisano's Book of Calculation* (Nueva York: Springer-Verlag, 2002), 4, 15-16.

23. Paul F. Grendler, *Schooling in Renaissance Italy: Literacy and Learning, 1300-1600* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1989), 77, 306-329; Margaret Spufford, «Literacy, Trade, and Religion in the Commercial Centers of Europe», en *A Miracle Mirrored: The Dutch Republic in European Perspective*, ed. Karel A. Davids y Jan Lucassen (Cambridge: Cambridge University Press, 1995), 229-283; Paul F. Grendler, «What Piero Learned in School: Fifteenth-Century Vernacular Education», *Studies in the History of Art* (Symposium Papers XXVIII: Piero della Francesca and His Legacy, 1995), 160-174; Frank J. Swetz, *Capitalism and Arithmetic: The New Math of the 15th Century, Including the Full Text of the Treviso Arithmetic of 1478*, traducción de David Eugene Smith (La Salle, IL: Open Court, 1987).

24. Edwin S. Hunt y James Murray, *A History of Business in Medieval Europe, 12001550* (Cambridge: Cambridge University Press, 1999), 57-63.

25. Van Egmond, *The Commercial Revolution*, 17-18, 173.

26. Hoy, la palabra *factor* (que aquí se traduce como «agente») tiene un significado técnico dentro del negocio de la ropa de vestir, y se aplica a una entidad que proporciona crédito basándose en las facturas que firma un fabricante. En la historia de los textiles en general, sin embargo, significa sencillamente «agente» o «intermediario».

27. James Stevens Rogers, *The Early History of the Law of Bills and Notes: A Study of the Origins of Anglo-American Commercial Law* (Cambridge: Cambridge University Press, 1995), 104-106.

28. Hunt and Murray, *A History of Business in Medieval Europe*, 64.

29. Francesca Trivellato, *The Promise and Peril of Credit: What a Forgotten Legend About Jews and Finance Tells Us About the Making of European Commercial Society* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 2019), 2. Pese a sus orígenes italianos, surgió la leyenda de que los judíos habían inventado las letras de cambio para poder sacar su riqueza de España cuando fueron expulsados en 1492. El libro de Trivellato ahonda en el origen y la persistencia de dicha leyenda.

30. Spufford, *Power and Profit*, 37. Al evolucionar y acabar siendo negociables, las letras de cambio se fueron acercando cada vez más a lo que los economistas contarían como parte del dinero corriente.

31. Meir Kohn, «Bills of Exchange and the Money Market to 1600» (Department of Economics Working Paper n.º 99-04, Dartmouth College, Hanover, NH, febrero de 1999), 21,

cpb-us-e1.wpmucdn.com/sites.dartmouth.edu/dist/6/1163/files/2017/03/99-04. pdf; Peter Spufford, Handbook of Medieval Exchange (Londres: Royal Historical Society, 1986), xxxvii.

32. Spufford, *Handbook of Medieval Exchange*, 316, 321.

33. Kohn, «Bills of Exchange and the Money Market», 3, 7-9; Trivellato, *The Promise and Peril of Credit*, 29-30. Véase también Raymond de Roover, «What Is Dry Exchange: A Contribution to the Study of English Mercantilism», en *Business, Banking, and Economic Thought in Late Medieval and Early Modern Europe: Selected Studies of Raymond de Roover*, ed. Julius Kirshner (Chicago: University of Chicago Press, 1974), 183-199.

34. Iris Origo, *The Merchant of Prato: Daily Life in a Medieval City* (Nueva York: Penguin, 1963), 146-149.

35. Hunt y Murray, *A History of Business in Medieval Europe*, 222-225; K. S. Mathew, *Indo-Portuguese Trade and the Fuggers of Germany: Sixteenth Century* (Nueva Delhi: Manohar, 1997), 101-147.

36. Kohn, «Bills of Exchange and the Money Market», 28.

37. Alfred Wadsworth y Julia de Lacy Mann, *The Cotton Trade and Industrial Lancashire 1600-1780* (Manchester, UK: Manchester University Press, 1931), 91-95.

38. Wadsworth y Mann, *The Cotton Trade and Industrial Lancashire*, 91-95; T. S. Ashton, «The Bill of Exchange and Private Banks in Lancashire, 1790-1830», *Economic History Review* a15, n.os 1-2 (1945): 27.

39. Trivellato, *The Promise and Peril of Credit*, 13-14.

40. John Graham, «History of Printworks in the Manchester District from 1760 to 1846», citado en J. K. Horsefield, «Gibson and Johnson: A Forgotten Cause Célèbre», *Economica*, agosto de 1943, 233-237.

41. Trivellato, *The Promise and Peril of Credit,* 32-34; Kohn, «Bills of Exchange and the Money Market», 24-28; testimonio de Lewis Loyd, 4 de mayo de 1826, en la Cámara de los Comunes, *Report from the Select Committee on Promissory Notes in Scotland and Ireland* (Londres: Great Britain Parliament, 26 de mayo de 1826), 186.

42. Testimonio de Alexander Blair, 21 de marzo de 1826, en la Cámara de los Comunes, *Report from the Select Committee on Promissory Notes in Scotland and Ireland* (Londres: Great Britain Parliament, 26 de mayo de 1826), 41; Lloyds Banking Group, «British Linen Bank (1746-1999)», *www.lloydsbankinggroup.com/Our-Group/our-heritage/our-history2/bank-of-scotland/british-linen-bank/*.

43. Carl J. Griffin, *Protest, Politics and Work in Rural England, 1700-1850* (Londres: Palgrave Macmillan, 2013), 24; Adrian Randall, *Riotous Assemblies: Popular Protest in Hanoverian England* (Oxford: Oxford University Press, 2006), 141-143; David Rollison, *The Local Origins of Modern Society: Gloucestershire 1500-1800* (Londres: Routledge, 2005), 226-227.

44. El término «cardado» se aplica a una tela de lana más pesada a la que se le ha dado volumen, un proceso que usa la humedad y la fricción para crear una superficie similar al fieltro. Una vez se le ha dado volumen, las prendas lanares se recortan para crear una superficie lisa. Las prendas lanares usan hilado suave a partir de una lana cardada de fibra corta. El *worsted* se refiere a una tela de lana más ligera, por lo general, sin volumen, tejida con hebras que se hilan mientras se las mantiene bien tensas; antes del hilado, se peina la lana, en lugar de cardarla. El cardado ahueca las fibras, mientras que el peinado las alinea en la misma dirección.

45. «An Essay on Riots; Their Causes and Cure», *Gentleman's Magazine*, enero de 1739, 7-10. Véase también «A Letter on the Woollen Manufacturer», *Gentleman's Magazine*, febrero de 1739, 84-86; A Manufacturer in Wiltshire, «Remarks on the Essay on Riots», *Gentleman's*

Magazine, marzo de 1739, 123-126; Trowbridge, «Conclusion», *Gentleman's Magazine*, 126; «Case between the Clothiers and Weavers», *Gentleman's Magazine*, abril de 1739, 205-206; «The Late Improvements of Our Trade, Navigation, and Manufactures», *Gentleman's Magazine*, septiembre de 1739, 478-480.

46. Trowbridge, ensayo sin título, *Gentleman's Magazine*, febrero de 1739, 89-90; Trowbridge, «Conclusion», *Gentleman's Magazine*, 126.

1* Sistema de trabajo subcontratado en el que las etapas de la producción se desempeñan en los domicilios de cada empleado o en talleres en los que coinciden diferentes artesanos. *(N. del T.)*

47. Ray Bert Westerfield, *The Middleman in English Business* (New Haven, CT: Yale University Press, 1914), 296, *archive.org/details/middlemeninengli00west*. Aunque no limitara de forma explícita sus cifras, el hecho de que la ley reconociera el papel del agente y fijara un registro podría haberse utilizado para hacerlo, lo que les habría conferido a los titulares un mayor poder económico.

48. Luca Molà, *The Silk Industry of Renaissance Venice* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2000), 365n11.

49. Conrad Gill, «Blackwell Hall Factors, 1795-1799», *Economic History Review*, agosto de 1954, 268-281; Westerfield, *The Middleman in English Business*, 273-304.

50. Trowbridge, «Conclusion», *Gentleman's Magazine*, 126.

51. Todas las citas son transcripciones de *The Lehman Trilogy* tal y como fue representada en el Park Avenue Armory, Nueva York, el 4 de abril de 2019.

52. Harold D. Woodman, «The Decline of Cotton Factorage After the Civil War», *American Historical Review* 71, n.º 4 (julio de 1966): 1219-1236; Harold D. Woodman, *King Cotton and His Retainers: Financing and Marketing the Cotton Crop of the South, 18001925* (Lexington: University of Kentucky Press, 1968). Woodman apunta a que los agentes del algodón aparecieron en el sur al menos en 1800.

53. Italian Playwrights Project, «Stefano Massini's SOMETHING ABOUT THE LEHMANS», vídeo en YouTube, 1:34:04, 5 de diciembre de 2016, *www.youtube.com/ watch?time_continue=112&v=gETKm6El85o*.

54. Ben Brantley, «"The Lehman Trilogy" Is a Transfixing Epic of Riches and Ruin», *New York Times*, 13 de julio de 2018, C5, *www.nytimes.com/2018/07/13/theater/lehman-trilogy-review-national-theater-london.html*; Richard Cohen, «The Hole at the Heart of "The Lehman Trilogy"», *Washington Post*, 8 de abril de 2019, *www.washingtonpost.com/opinions/the-hole-at-the-heart-of-the-lehman-trilogy/2019/04/08/51f6ed8c-5a3e-11e9-842d7d3ed7eb3957_story.html?utm_term=.257ef2349d55*; Jonathan Mandell, «The Lehman Trilogy Review: 164 Years of One Capitalist Family Minus the Dark Parts», *New York Theater*, 7 de abril de 2019, *https://newyorktheater.me/2019/04/07/the-lehman-trilogy-review164-years-of-one-capitalist-family-minus-the-dark-parts/*; Nicole Gelinas, «The Lehman Elegy», *City Journal*, 12 de abril de 2019, *www.city-journal.org/the-lehman-trilogy*.

1. Angela Yu-Yun Sheng, «Textile Use, Technology, and Change in Rural Textile Production in Song, China (960-1279)» (tesis doctoral inédita, University of Pennsylvania, 1990), 53, 68-113.

2. Roslyn Lee Hammers, *Pictures of Tilling and Weaving: Art, Labor, and Technology in Song and Yuan China* (Hong Kong: Hong Kong University Press, 2011), 1-7, 87-98, 210, 211. Las traducciones son obra de Hammers y se publican con su permiso.

3. La dinastía Song se extendió desde el año 960 al 1279. Se dividía entre el Song del Norte, que concluyó en 1127, cuando la dinastía Jin conquistó el norte de China, incluida la capital de lo que hoy es Kaifeng, y el Song del Sur. El Song del Sur gobernaba China, al sur del Yangtsé,

desde una nueva capital, en lo que hoy es Hangzhou. El traslado de funcionarios y buena parte de la población de manera permanente hacia el sur alteró la geografía económica de China.

4. William Guanglin Liu, *The Chinese Market Economy 1000-1500* (Albany: State University of New York Press, 2015), 273-275; Richard von Glahn, *The Economic History of China: From Antiquity to the Nineteenth Century* (Cambridge: Cambridge University Press, 2016), 462.

5. Liu, *The Chinese Market Economy*, 273-278; Sheng, «Textile Use, Technology, and Change», 174.

6. Thomas T. Allsen, *Commodity and Exchange in the Mongol Empire: A Cultural History of Islamic Textiles* (Cambridge: Cambridge University Press, 1997), 28; Sheila S. Blair, «East Meets West Under the Mongols», *Silk Road* 3, n.º 2 (diciembre de 2005): 27-33, *www.silkroadfoundation.org/newsletter/vol3num2/6_blair.php*.

7. El pueblo de los tártaros fue una de las primeras conquistas de Gengis Kan y fue absorbido por la nueva identidad mongola, a la cual Kan llamaba «el Pueblo de los Muros de Fieltro». Jack Weatherford, *Genghis Khan and the Making of the Modern World* (Nueva York: Crown, 2004), 53-54.

8. Joyce Denney, «Textiles in the Mongol and Yuan Periods», y James C. Y. Watt, «Introduction», en James C. Y. Watt, *The World of Khubilai Khan: Chinese Art in the Yuan Dynasty* (Nueva York: Metropolitan Museum of Art, 2010), 243-267, 7-10.

9. Peter Jackson, *The Mongols and the Islamic World* (New Haven, CT: Yale University Press, 2017), 225; Allsen, *Commodity and Exchange in the Mongol Empire*, 38-45, 101; Denney, «Textiles in the Mongol and Yuan Periods».

10. Helen Persson, «Chinese Silks in Mamluk Egypt», en *Global Textile Encounters*, ed. Marie-Louise Nosch, Zhao Feng y Lotika Varadarajan (Oxford: Oxbow Books, 2014), 118.

11. James C. Y. Watt y Anne E. Wardwell, *When Silk Was Gold: Central Asian and Chinese Textiles* (Nueva York: Metropolitan Museum of Art, 1997), 132.

12. Allsen, *Commodity and Exchange in the Mongol Empire*, 29. Gengis Kan urgió a sus comandantes a que adiestrasen a sus hijos para que fueran tan diestros en las artes de la guerra como los mercaderes lo eran con sus mercancías.

13. Yuan Zujie, «Dressing the State, Dressing the Society: Ritual, Morality, and Conspicuous Consumption in Ming Dynasty China» (tesis doctoral inédita, University of Minnesota, 2002), 51.

14. Craig Clunas, *Superfluous Things: Material Culture and Social Status in Early Modern China* (Urbana: University of Illinois Press, 1991), 150; Zujie, «Dressing the State, Dressing the Society», 93.

15. La revisión principal tuvo lugar en 1528, y estableció las reglas para el atuendo que debían vestir los funcionarios cuando estaban de permiso.

16. BuYun Chen, «Wearing the Hat of Loyalty: Imperial Power and Dress Reform in Ming Dynasty China», en *The Right to Dress: Sumptuary Laws in a Global Perspective, c. 1200-1800*, ed. Giorgio Riello y Ulinka Rublack (Cambridge: Cambridge University Press, 2019), 418.

17. Zujie, «Dressing the State, Dressing the Society», 94-96, 189-191.

18. Ulinka Rublack, «The Right to Dress: Sartorial Politics in Germany, c. 13001750», en *The Right to Dress*, 45; Chen, «Wearing the Hat of Loyalty», 430-431.

19. Liza Crihfield Darby, *Kimono: Fashioning Culture* (Seattle: University of Washington Press, 2001), 52-54; Katsuya Hirano, «Regulating Excess: The Cultural Politics of Consumption in Tokugawa Japan», en *The Right to Dress*, 435-460; Howard Hibbett, *The Floating World in Japanese Fiction* (Boston: Tuttle Publishing, [1959] 2001).

20. Catherine Kovesi, «Defending the Right to Dress: Two Sumptuary Law Protests in Sixteenth-Century Milan», en *The Right to Dress*, 186; Luca Molà y Giorgio Riello, «Against the Law: Sumptuary Prosecutions in Sixteenth- and SeventeenthCentury Padova», en *The Right to Dress*, 216; Maria Giuseppina Muzzarelli, «Sumptuary Laws in Italy: Financial Resource and Instrument of Rule», en *The Right to Dress*, 171, 176; Alan Hunt, *Governance of the Consuming Passions: A History of Sumptuary Law* (Nueva York: St. Martin's Press, 1996), 73; Ronald E. Rainey, «Sumptuary Legislation in Renaissance Florence» (tesis doctoral inédita, Columbia University, 1985), 62.

21. Rainey, «Sumptuary Legislation in Renaissance Florence», 54, 468-470, 198.

22. Rainey, «Sumptuary Legislation in Renaissance Florence», 52-53, 72, 98, 147, 442-443. La palabra *sciamito* puede referirse específicamente al «jamete», o «samito», un brocado reversible que a menudo tenía hilos de oro o plata, pero Rainey advierte que también se empleaba de un modo más genérico.

23. Carole Collier Frick, *Dressing Renaissance Florence: Families, Fortunes, and Fine Clothing* (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2005), edición Kindle.

24. Rainey, «Sumptuary Legislation in Renaissance Florence», 231-234; Franco Sacchetti, *Tales from Sacchetti*, traducido por Mary G. Steegman (Londres: J. M. Dent, 1908), 117-119; Franco Sacchetti, *Delle Novelle di Franco Sacchetti* (Florencia: n. p., 1724), 227. La frase original reza así: «Ciò che vuole dunna [sic], vuol signò; e ciò vuol signò, Tirli in Birli».

25. Muzzarelli, «Sumptuary Laws in Italy», 175, 185.

26. Rainey, «Sumptuary Legislation in Renaissance Florence», 200-205, 217; William Caferro, «Florentine Wages at the Time of the Black Death» (manuscrito inédito, Vanderbilt University), *https://economics.yale.edu/sites/default/files/florence_wages-caferro.pdf*.

27. Kovesi, «Defending the Right to Dress», 199-200.

28. Felicia Gottmann, *Global Trade, Smuggling, and the Making of Economic Liberalism: Asian Textiles in France 1680-1760* (Basingstoke, UK: Palgrave Macmillan, 2016), 91. Una versión de esta sección apareció por primera vez en Virginia Postrel, «Before Drug Prohibition, There Was the War on Calico», *Reason*, julio de 2018, 14-15, *https://reason.com/2018/06/25/before-drug-prohibition-there/*.

29. Michael Kwass, *Contraband: Louis Mandrin and the Making of a Global Underground* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 2014), 218-220; Gillian Crosby, *First Impressions: The Prohibition on Printed Calicoes in France, 1686-1759* (tesis doctoral inédita, Nottingham Trent University, 2015), 143-144.

30. Kwass, *Contraband*, 56.

31. Para una visión general de la historiografía del British Calico Acts, con enlaces a literatura relevante, véase «The Calico Acts: Was British Cotton Made Possible by Infant Industry Protection from Indian Competition?». Pseudoerasmus, 5 de enero de 2017, *https://pseudoerasmus.com/2017/01/05/ca/*.

32. Giorgio Riello, *Cotton: The Fabric That Made the Modern World* (Cambridge: Cambridge University Press, 2013), 100; Kwass, *Contraband*, 33.

33. Gottmann, *Global Trade, Smuggling*, 7; Kwass, *Contraband*, 37-39.

34. Gottmann, *Global Trade, Smuggling*, 41.

35. Gottmann, *Global Trade, Smuggling*, 153.

36. Kwass, *Contraband*, 294.

37. Julie Gibbons, «The History of Surface Design: Toile de Jouy», Pattern Observer, *https://patternobserver.com/2014/09/23/history-surface-design-toile-de-jouy/*.

38. George Metcalf, «A Microcosm of Why Africans Sold Slaves: Akan Consumption Patterns in the 1770s», *Journal of African History* 28, n.º 3 (noviembre de 1987): 377-394. La

popularidad de los textiles la confirman los datos recogidos en Stanley B. Alpern, «What Africans Got for Their Slaves: A Master List of European Trade Goods», *History in Africa* 22 (enero de 1995): 5-43.

39. En este periodo, la mayor parte de los cautivos de África Occidental eran llevados a las plantaciones de azúcar de las Indias Occidentales.

40. Chambon, *Le commerce de l'Amérique par Marseille*, citado y traducido en Michael Kwass, *Contraband*, 20. El original está disponible en *https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k1041911g/f417.item.zoom*; Venice Lamb, *West African Weaving* (Londres: Duckworth, 1975), 104.

41. Colleen E. Kriger, «"Guinea Cloth": Production and Consumption of Cotton Textiles in West Africa before and during the Atlantic Slave Trade», en *The Spinning World: A Global History of Cotton Textiles, 1200-1850*, ed. Giorgio Riello y Prasannan Parthasarathi (Oxford: Oxford University Press, 2009), 105-126; Colleen E. Kriger, *Cloth in West African History* (Lanham, MD: Altamira Press, 2006), 35-36.

42. Suzanne Gott y Kristyne S. Loughran, «Introducing African-Print Fashion», en *African-Print Fashion Now! A Story of Taste, Globalization, and Style*, ed. Suzanne Gott, Kristyne S. Loughran, Betsy D. Smith y Leslie W. Rabine (Los Ángeles: Fowler Museum UCLA, 2017), 22-49; Helen Elanda, «Dutch Wax Classics: The Designs Introduced by Ebenezer Brown Fleming circa 1890-1912 and Their Legacy», en *African-Print Fashion Now*!, 52-61; Alisa LaGamma, «The Poetics of Cloth», en *The Essential Art of African Textiles: Design Without End*, ed. Alisa LaGamma y Christine Giuntini (New Haven, CT: Yale University Press, 2008), 9-23, *www.metmuseum.org/art/metpublications/the_essential_art_of_african_textiles_design_without_end*.

43. Kathleen Bickford Berzock, «African Prints/African Ownership: On Naming, Value, and Classics», en *African-Print Fashion Now*!, 71-79. (Berzock es la historiadora del arte citada). Susan Domowitz, «Wearing Proverbs: Anyi Names for Printed Factory Cloth», *African Arts*, julio de 1992, 82-87, 104; Paulette Young, «Ghanaian Woman and Dutch Wax Prints: The Counter-appropriation of the Foreign and the Local Creating a New Visual Voice of Creative Expression», *Journal of Asian and African Studies* 51, n.º 3 (10 de enero de 2016), *https://doi.org/10.1177/0021909615623811*. (Young es la comisaria citada). Michelle Gilbert, «Names, Cloth and Identity: A Case from West Africa», en *Media and Identity in Africa*, ed. John Middleton y Kimani Njogu (Bloomington: Indiana University Press, 2010), 226-244.

44. Tunde M. Akinwumi, «The "African Print" Hoax: Machine Produced Textiles Jeopardize African Print Authenticity», *Journal of Pan African Studies* 2, n.º 5 (julio de 2008): 179-192; Victoria L. Rovine, «Cloth, Dress, and Drama», en *African-Print Fashion Now*!, 274-277.

45. Aunque es descrita como kente por Colleen Kriger, esta tela más bien es una precursora suya. Malika Kraamer, «Ghanaian Interweaving in the Nineteenth Century: A New Perspective on Ewe and Asante Textile History», *African Arts*, invierno de 2006, 36-53, 93-95.

46. En función de cómo se inserte la trama, los motivos podrán no aparecer como verticales u horizontales. Esta, sencillamente, es la disposición más común. «Para hacer más confusas las cosas, cabe, por supuesto, tejer las franjas en el sentido de la urdimbre en aquellas zonas donde hay efecto por trama, utilizando elementos alternos de la trama en dos colores. Los de un color se ubicarán sobre una unidad de la urdimbre y debajo de la siguiente, y viceversa para los elementos de la trama del otro color», observan los estudiosos de los textiles John Picton y John Mack, *African Textiles* (Nueva York: Harper & Row, 1989), 117.

47. Malika Kraamer, «Challenged Pasts and the Museum: The Case of Ghanaian Kente», en

The Thing about Museums: Objects and Experience, Representation and Contestation, ed. Sandra Dudley, Amy Jane Barnes, Jennifer Binnie, Julia Petrov y Jennifer Walklate (Abingdon, UK: Routledge, 2011), 282-296.

48. Lamb, *West African Weaving*, 141.

49. Lamb, *West African Weaving*, 22; Doran H. Ross, «Introduction: Fine Weaves and Tangled Webs» y «Kente and Its Image Outside Ghana», en *Wrapped in Pride: Ghanaian Kente and African American Identity*, ed. Doran H. Ross (Los Ángeles: UCLA Fowler Museum of Cultural History, 1998), 21, 160-176; James Padilioni Jr., «The History and Significance of Kente Cloth in the Black Diaspora», Black Perspectives, 22 de mayo de 2017, *www.aaihs.org/the-history-and-significance-of-kente-cloth-in-the-black-diaspora//*; Betsy D. Quick, «Pride and Dignity: African American Perspective on Kente», en *Wrapped in Pride*, 202-268. Se puede considerar el uso del kente como una muestra de glamur. Véase Virginia Postrel, *The Power of Glamour: Longing and the Art of Visual Persuasion* (Nueva York: Simon & Schuster, 2013).

50. Anita M. Samuels, «African Textiles: Making the Transition from Cultural Statement to Macy's», *New York Times*, 26 de julio de 1992, sec. 3, 10, *www.nytimes.com/1992/07/26/business/all-about-african-textiles-making-transition-cultural-statement-macy-s.html*. Quizá la persona encargada de importar el producto o el propio reportero confundieron el kente con las *wax prints,* que están estampadas en ambos lados del tejido.

51. Ross, *Wrapped in Pride*, 273-289.

52. Kwesi Yankah, «Around the World in Kente Cloth», *Uhuru*, mayo de 1990, 15-17, citado en Ross, *Wrapped in Pride*, 276; John Picton, «Tradition, Technology, and Lurex: Some Comments on Textile History and Design in West Africa», en *History, Design, and Craft in West African Strip-Woven Cloth: Papers Presented at a Symposium Organized by the National Museum of African Art, Smithsonian Institution*, 18-19 de febrero de 1988 (Washington D. C.: Smithsonian Institution, 1992), 46. Para los pantalones yoga kente, véase *www.etsy.com/market/kente_leggings*. Para un enfoque más amplio de su autenticidad, véase Virginia Postrel, *The Substance of Style: How the Rise of Aesthetic Value Is Remaking Culture, Commerce, and Consciousness* (Nueva York: HarperCollins, 2003), 95-117.

53. Un ejemplo de textil americano se encuentra en Virginia Postrel, «Making History Modern», *Reason*, diciembre de 2017, 10-11, *https://vpostrel.com/articles/making-history-modern*. Un ejemplo americano se puede ver en Virginia Postrel, «How Ponchos Got More Authentic After Commerce Came to Chiapas», *Reason*, abril de 2018, 10-11, *https://vpostrel.com/articles/how-ponchos-got-more-authentic-after-commerce-came-to-chiapas*.

54. Raymond Senuk, entrevista con la autora, 31 de agosto de 2018, y correo electrónico, 2 de agosto de 2019; Lisa Fitzpatrick, entrevista con la autora, 24 de agosto de 2018; Barbara Knoke de Arathoon y Rosario Miralbés de Polanco, *Huipiles Mayas de Guatemala/Maya Huipiles of Guatemala* (Ciudad de Guatemala: Museo Ixchel del Traje Indígena, 2011); Raymond E. Senuk, *Maya Traje: A Tradition in Transition* (Princeton, NJ: Friends of the Ixchel Museum, 2019); Rosario Miralbés de Polanco, *The Magic and Mystery of Jaspe: Knots Revealing Designs* (Ciudad de Guatemala: Museo Ixchel del Traje Indígena, 2005). En Instagram, véase *www.instagram.com/explore/tags/ chicasdecorte/*.

55. Chris Anderson, *The Long Tail: Why the Future of Business Is Selling Less of More* (Nueva York: Hachette Books, 2008), 52.

56. Gart Davis, entrevista con la autora, 11 de mayo de 2016, y correo electrónico a la autora, 2 de agosto de 2019; Alex Crai, correo electrónico a la autora, 23 de septiembre de

2019; Jonna Hayden, mensajes vía Facebook con la autora, 10 de mayo de 2016 y 3 de agosto de 2019.

1. Sharon Bertsch McGrayne, *Prometheans in the Lab: Chemistry and the Making of the Modern World* (Nueva York: McGraw-Hill, 2001), 114. Parte del material siguiente apareció en Virginia Postrel, «The iPhone of 1939 Helped Liberate Europe. And Women», Bloomberg Opinion, 25 de octubre de 2019, *www.bloomberg.com/opinion/ articles/2019-10-25/nylon-history-how-stockings-helped-liberate-women*.

2. Yasu Furukawa, *Inventing Polymer Science: Staudinger, Carothers, and the Emergence of Macromolecular Chemistry* (Filadelfia: University of Pennsylvania Press, 1998), 103111; Joel Mokyr, *The Gifts of Athena: Historical Origins of the Knowledge Economy* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 2002), 28-77.

3. Herman F. Mark, «The Early Days of Polymer Science», en *Contemporary Topics in Polymer Science*, vol. 5, ed. E. J. Vandenberg, Proceedings of the Eleventh Biennial Polmer Symposium of the Division of Polymer Chemistry on High Performance Polymers, 20-24 de noviembre de 1982 (Nueva York: Plenum Press, 1984), 10-11.

4. McGrayne, *Prometheans in the Lab*, 120-128; Matthew E. Hermes, *Enough for One Lifetime: Wallace Carothers, Inventor of Nylon* (Washington D. C.: American Chemical Society and Chemical Heritage Foundation, 1996), 115.

5. «Chemists Produce Synthetic "Silk"», *New York Times*, 2 de septiembre de 1931, 23.

6. Hermes, *Enough for One Lifetime*, 183.

7. McGrayne, *Prometheans in the Lab*, 139-142; Hermes, *Enough for One Lifetime*, 185-189.

8. «The New Dr. West's Miracle Tuft» (anuncio), *Saturday Evening Post*, 29 de octubre de 1938, 44-45, *https://archive.org/details/the-saturday-evening-post-1938-10-29/page/ n43*; «Du Pont Discloses New Yarn Details», *New York Times*, 28 de octubre de 1938, 38; «Du Pont Calls Fair American Symbol», *New York Times*, 25 de abril de 1939, 2; «First Offering of Nylon Hosiery Sold Out», *New York Times*, 25 de octubre de 1939, 38; «Stine Says Nylon Claims Tend to Overoptimism», *New York Times*, 13 de enero de 1940, 18.

9. Kimbra Cutlip, «How 75 Years Ago Nylon Stockings Changed the World», *Smithsonian*, 11 de mayo de 2015, *www.smithsonianmag.com/smithsonian-institution/how75-years-ago-nylon-stockings-changed-world-180955219/*.

10. David Brunnschweiler, «Rex Whinfield and James Dickson at the Broad Oak Print Works», en *Polyester: 50 Years of Achievement*, ed. David Brunnschweiler y John Hearle (Manchester, UK: Textile Institute, 1993), 34-37; J. R. Whinfield, «The Development of Terylene», *Textile Research Journal*, mayo de 1953, 289-293, *https://doi. org/10.1177/004051755302300503*; J. R. Whinfield, «Textiles and the Inventive Spirit» (Conferencia de Emsley), en *Journal of the Textile Institute Proceedings*, octubre de 1955, 5-11; IHS Markit, «Polyester Fibers», *Chemical Economics Handbook*, junio de 2018, *https://ihsmarkit.com/products/polyester-fibers-chemical-economics-handbook.html*.

11. Hermes, *Enough for One Lifetime*, 291.

12. «Vogue Presents Fashions of the Future», *Vogue*, 1 de febrero de 1939, 71-81, 137-146; «Clothing of the Future—Clothing in the Year 2000», Pathetone Weekly, vídeo en YouTube, 1:26, *www.youtube.com/watch?v=U9eAiy0IGBI*.

13. Regina Lee Blaszczyk, «Styling Synthetics: DuPont's Marketing of Fabrics and Fashions in Postwar America», *Business History Review*, otoño de 2006, 485-528; Ronald Alsop, «Du Pont Acts to Iron Out the Wrinkles in Polyester's Image», *Wall Street Journal*, 2 de marzo de 1982, 1.

14. Jean E. Palmieri, «Under Armour Scores $1 Billion in Sales through Laser Focus on

Athletes», *WWD*, 1 de diciembre de 2011, *https://wwd.com/wwd-publications/ wwd-special-report/2011-12-01-2104533/*; Jean E. Palmieri, «Innovating the Under Armour Way», *WWD*, 10 de agosto de 2016, 11-12; Kelefa Sanneh, «Skin in the Game», *New Yorker*, 24 de marzo de 2014, *www.newyorker.com/magazine/2014/03/24/skin-in-thegame*.

15. Phil Brown, entrevista con la autora, 4 de marzo de 2015; Virginia Postrel, «How the Easter Bunny Got So Soft», Bloomberg Opinion, 2 de abril de 2015, *https://vpostrel.com/articles/how-the-easter-bunny-got-so-soft*.

16. Brian K. McFarlin, Andrea L. Henning y Adam S. Venable, «Clothing Woven with Titanium Dioxide-Infused Yarn: Potential to Increase Exercise Capacity in a Hot, Humid Environment?», *Journal of the Textile Institute* 108 (julio de 2017): 12591263, *https://doi.org/10.1080/00405000.2016.1239329*.

17. Elizabeth Miller, «Is DWR Yucking Up the Planet?», SNEWS, 12 de mayo de 2017, *www.snewsnet.com/news/is-dwr-yucking-up-the-planet*; John Mowbray, «Gore PFC Challenge Tougher than Expected», *EcoTextile News*, 20 de febrero de 2019, *www.ecotextile.com/2019022024078/dyes-chemicals-news/gore-pfc-challenge-tougher-than-expected. html*. Aún se debate si los componentes suponen realmente un riesgo significativo. Pero al ser una marca dirigida a los consumidores, Under Armour no necesita juzgar esas afirmaciones, como tampoco debe decidir si el mejor color es el azul o el rojo. Su trabajo consiste en satisfacer a los clientes.

18. Kyle Blakely, entrevista con la autora, 31 de julio de 2019.

19. Christian Holland, «MassDevice Q&A: OmniGuide Chairman Yoel Fink», MassDevice, 1 de junio de 2010, *www.massdevice.com/massdevice-qa-omniguide-chairmanyoel-fink/*; Bruce Schechter, «M.I.T. Scientists Turn Simple Idea Into "Perfect Mirror"», *New York Times*, 15 de diciembre de 1998, sec. F, 2, *www.nytimes.com/1998/12/15/ science/mit-scientists-turn-simple-idea-into-perfect-mirror.html*.

20. Yoel Fink, entrevistas con la autora, 28 de julio de 2019 y 16 de agosto de 2019; Bob D'Amelio y Tosha Hays, entrevistas con la autora, 29 de julio de 2019 y 28 de agosto de 2019; Jonathon Keats, «This Materials Scientist Is on a Quest to Create Functional Fibers That Could Change the Future of Fabric», *Discover*, abril de 2018, *http://discovermagazine.com/2018/apr/future-wear*; David L. Chandler, «AFFOA Launches State-of-the-Art Facility for Prototyping Advanced Fabrics», MIT News Office, 19 de junio de 2017, *https://news.mit.edu/2017/affoa-launches-state-art-facility-protoypingadvanced-fabrics-0619*. Fink y Hays dejaron AFFOA a finales de 2019, pero el grupo del MIT de Fink continúa investigando fibras funcionales.

21. Fink nació en los Estados Unidos, pero su familia emigró cuando contaba dos años.

22. Hiroyasu Furukawa, Kyle E. Cordova, Michael O'Keeffe y Omar M. Yaghi, «The Chemistry and Applications of Metal-Organic Frameworks», *Science* 341, n.º 6149 (30 de agosto de 2013): 974.

23. Juan Hinestroza, entrevistas con la autora, 23 de agosto de 2019, 30 de agosto de 2019 y 3 de septiembre de 2019, y correos a la autora, 2 de septiembre de 2019, 5 de septiembre de 2019 y 25 de septiembre de 2019; College of Textiles, NC State University, «Researchers Develop High-Tech, Chemical-Resistant Textile Layers», *Wolftext*, verano de 2005, 2, *https://sites.textiles.ncsu.edu/wolftext-alumni-newsletter/ wp-content/uploads/sites/53/2012/07/wolftextsummer2005.pdf*; Ali K. Yetisen, Hang Qu, Amir Manbachi, Haider Butt, Mehmet R. Dokmeci, Juan P. Hinestroza, Maksim Skorobogatiy, Ali Khademhosseini y SeokHyun Yun, «Nanotechnology in Textiles», *ACS Nano*, 22 de marzo de 2016, 3042-3068.

24. En el año 2016, Allergan vendió la tecnología a Sofregen Medical, otra escisión de Tufts

también orientada a la seda. Sarah Faulkner, «Sofregen Buys Allergan's Seri Surgical Scaffold», MassDevice, 14 de noviembre de 2016, *www.massdevice.com/ sofregen-buys-allergans-seri-surgical-scaffold/*.

25. Rachel Brown, «Science in a Clean Skincare Direction», *Beauty Independent*, 6 de diciembre de 2017, *www.beautyindependent.com/silk-therapeutics/*.

26. Benedetto Marelli, Mark A. Brenckle y David L. Kaplan, «Silk Fibroin as Edible Coating for Perishable Food Preservation», *Science Reports* 6 (6 de mayo de 2016): art. 25263, *www.nature.com/articles/srep25263*.

27. Kim Bhasin, «Chanel Bets on Liquid Silk for Planet-Friendly Luxury», Bloomberg, 11 de junio de 2019, *www.bloomberg.com/news/articles/2019-06-11/luxury-house-chanel-takes-a-minority-stake-green-silk-maker*.

28. Department of Energy Advanced Research Projects Agency (ARPA-E), «Personal Thermal Management to Reduce Energy Consumption Workshop», *https:// arpa-e.energy.gov/?q=events/personal-thermal-management-reduce-building-energy-consumption-workshop*.

29. Centre for Industry Education Collaboration, University of York, «Poly(ethene) (Polyethylene)», *Essential Chemical Industry (ECI)—Online*, *www.essentialchemicalindustry.org/polymers/polyethene.html*; Svetlana V. Boriskina, «An Ode to Polyethylene», *MRS Energy & Sustainability* 6 (19 de septiembre de 2019), *https://doi.org/10.1557/mre.2019.15*.

30. Svetlana Boriskina, entrevista con la autora, 30 de julio de 2019, y correos electrónicos a la autora, 15 de agosto de 2019 y 2 de septiembre de 2019.

Título original: *The Fabric of Civilization*

Edición en formato digital: octubre de 2021

En cubierta: imagen de © Museum of Fine Arts, Houston / The Robert Lee Blaffer Memorial Collection, gift of Sarah Campbell Blaffer / Bridgeman Images

c/ Almagro 25, ppal. dcha.
28010 Madrid.



ISBN: 978-84-18859-42-7

Conversión a formato digital: Newcomlab, S.L.L.

www.siruela.com